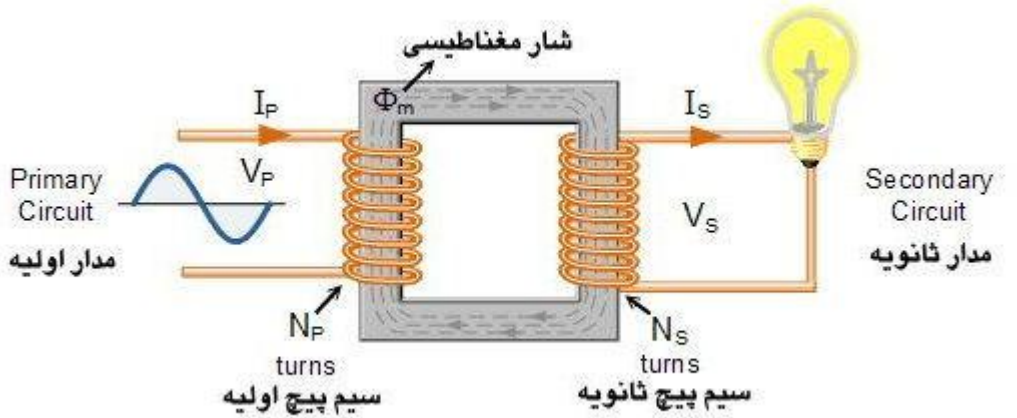
مبحث دوازدهم:

ساختمان و انواع ترانسفورماتورهای سه فاز

- مقدمه
- انواع ترانسفورماتورهای سه فاز
- ساختمان و اجزای ترانسفورماتورهای سه فاز قدرت

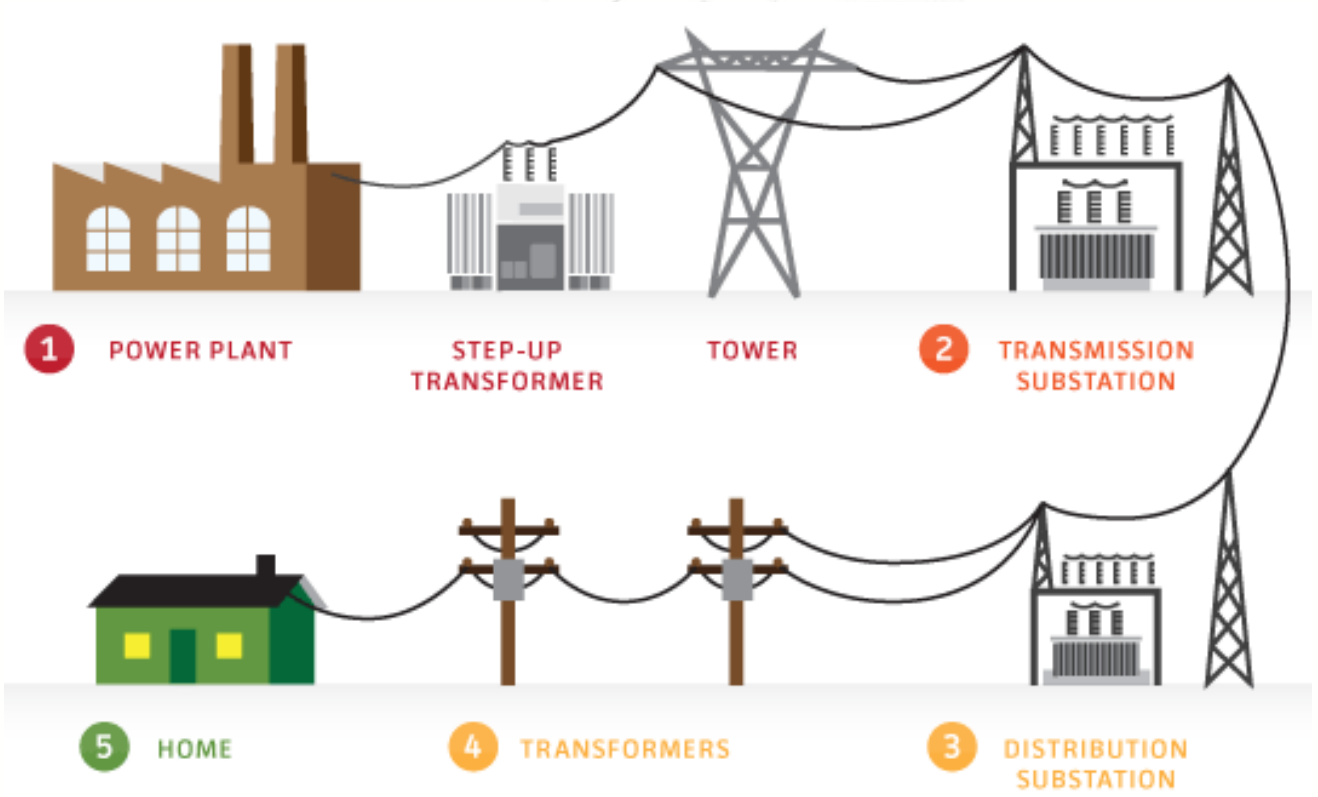
ترانسفورماتور وسیله ای است که توان الکتریکی را از یک مدار به مدار دیگر منتقل می کند (با سطح ولتاژ متفاوت)
این عمل با القاء الکترومغناطیسی و بدون هیچ تغییری در فرکانس می شود.



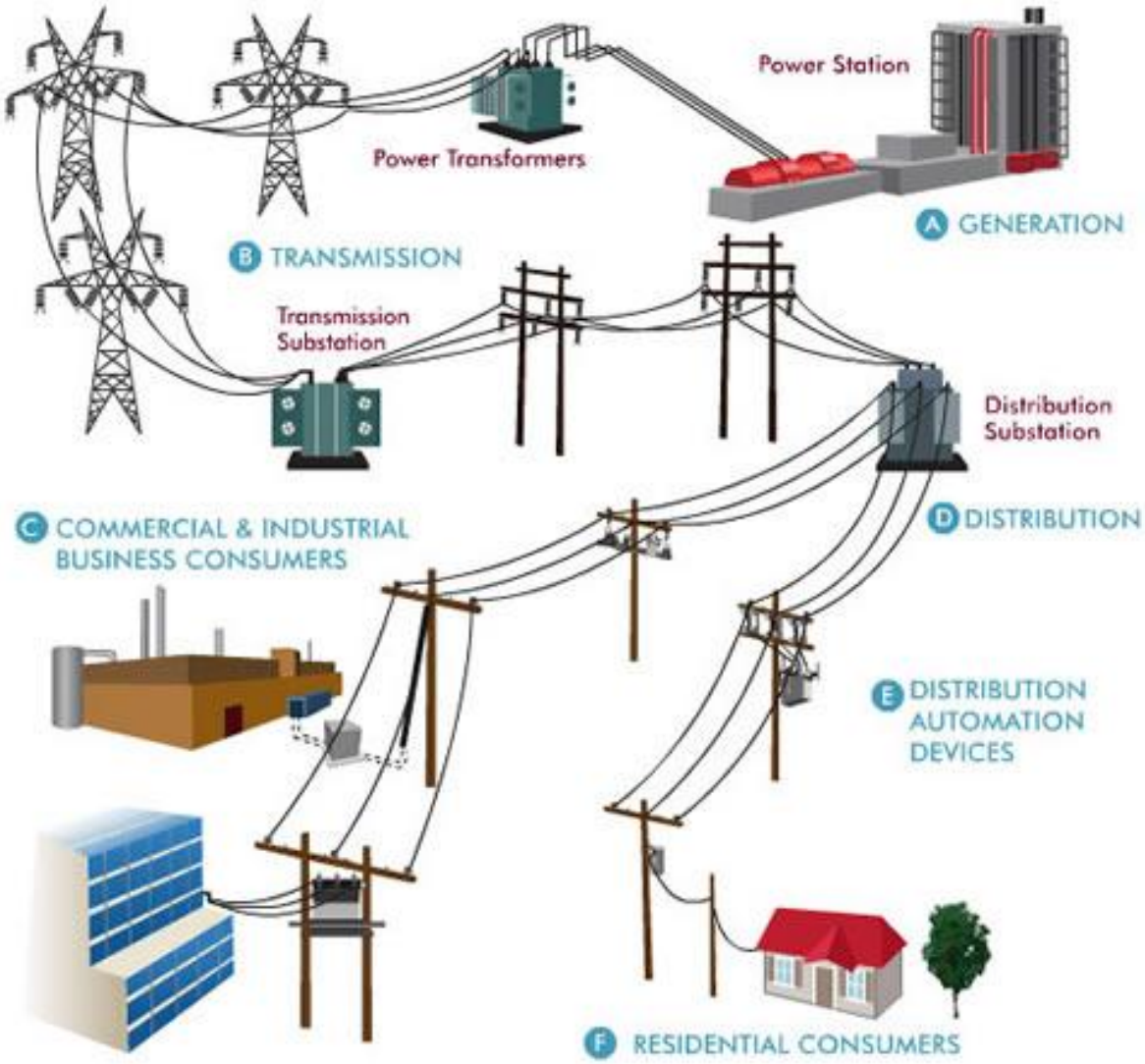
❑ مقدمه

ترانسفورماتورها با افزایش سطح ولتاژ، توان تولیدی توسط ژنراتورها را با جریان پائین انتقال می دهند.

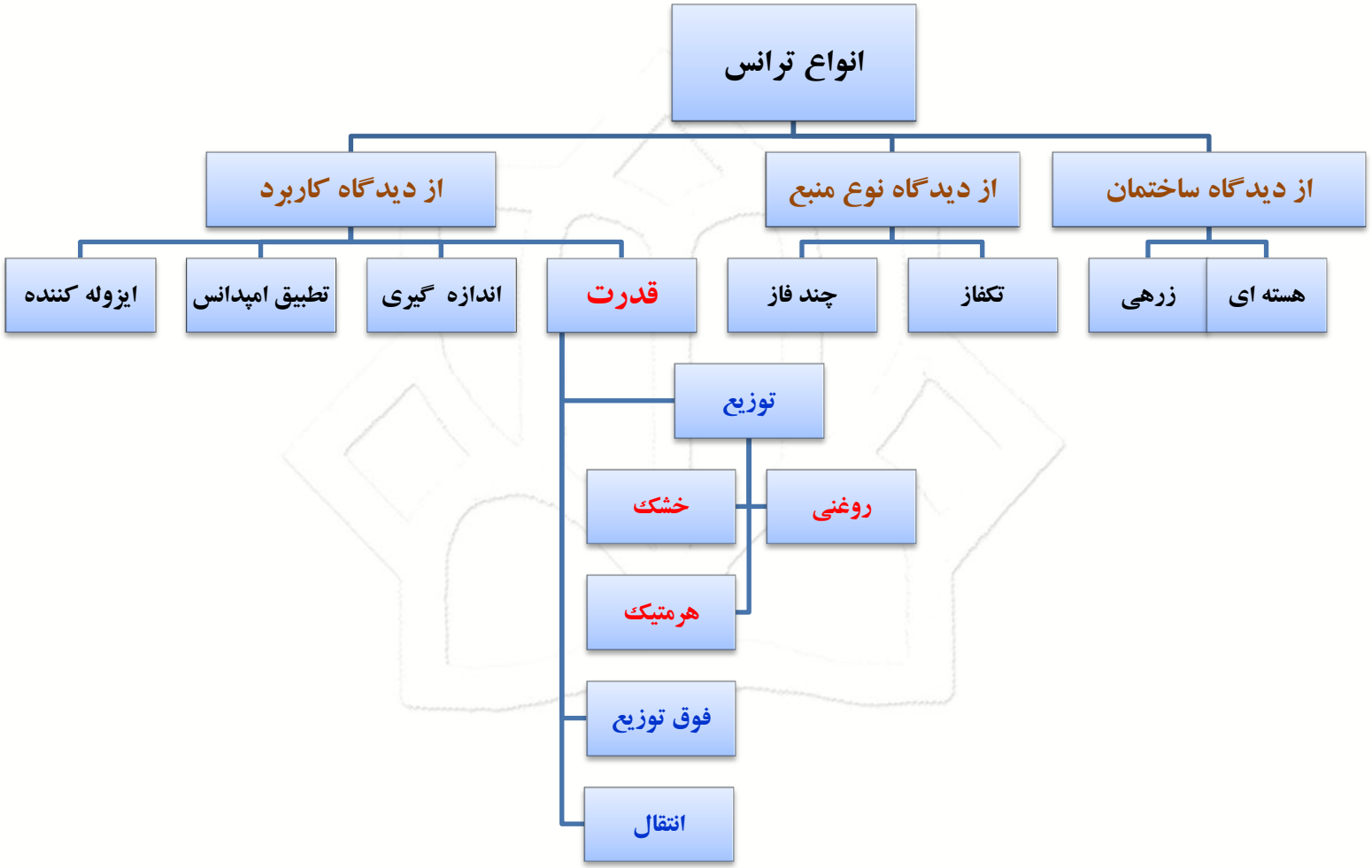
در نتیجه تلفات انتقال انرژی الکتریکی بسیار کمتر شده و افت ولتاژ روی خطوط نیز کاهش می یابد.



❑ مقدمه


Power Station
Power Transformers
A GENERATION
B TRANSMISSION
Transmission Substation
Distribution Substation
C COMMERCIAL & INDUSTRIAL BUSINESS CONSUMERS
D DISTRIBUTION
E DISTRIBUTION AUTOMATION DEVICES
F RESIDENTIAL CONSUMERS

❑ انواع ترانسفورماتور



❑ انواع ترانسفورماتور از نظر قدرت

➢ دسته بندی ترانسهای قدرت

ترانس توزیع (kV ۲۰و کمتر)

ترانس انتقال (ولتاژ kV ۲۳۰ و ٤۰۰)

ترانس فوق توزیع (ولتاژ kV ٦۳ و ۱۳۲)

❑ انواع ترانسفورماتور از نظر قدرت

➢ انواع ترانس های توزیع

ترانس خشک (رزینی)

در این نوع ترانس از عایق های رزینی همچون صمغ ریختگی برای انتقال حرارت به محیط بیرون استفاده می شود. ابعاد این نوع ترانس نسبت به ترانس های روغنی بزرگتر است. به دلیل عدم نیاز به حفاظت های خاص خطر آتش سوزی در آنها وجود ندارد. کاربرد این نوع ترانس در سیستم های توزیع، ساختمان های بلند، فروشگاه های بزرگ، صنایع نفت و سیمان، معادن، راه آهن و... می باشد.

ترانس هرمتیک (بدون مخزن انبساط)

مخزن روغن این نوع ترانس دارای خاصیت ارتجاعی بوده و در قدرت های کم افزایش حجم روغن بدین وسیله جبران می شود. از مزایای این ترانس کاهش هزینه مراقبت و نگهداری، حذف رطوبت گیر و رله بوخهولتز (روغن) و منبع انبساط و در نتیجه کاهش ارتفاع ترانس است.

ترانس روغنی

در این ترانسفورماتورها روغن به عنوان عایق، خنک کننده و جاذب رطوبت هوا عمل می کند. سیم پیچ ها و هسته ترانس در داخل مخزن روغن قرار می گیرند. روغن مورد استفاده از نوع معدنی است.

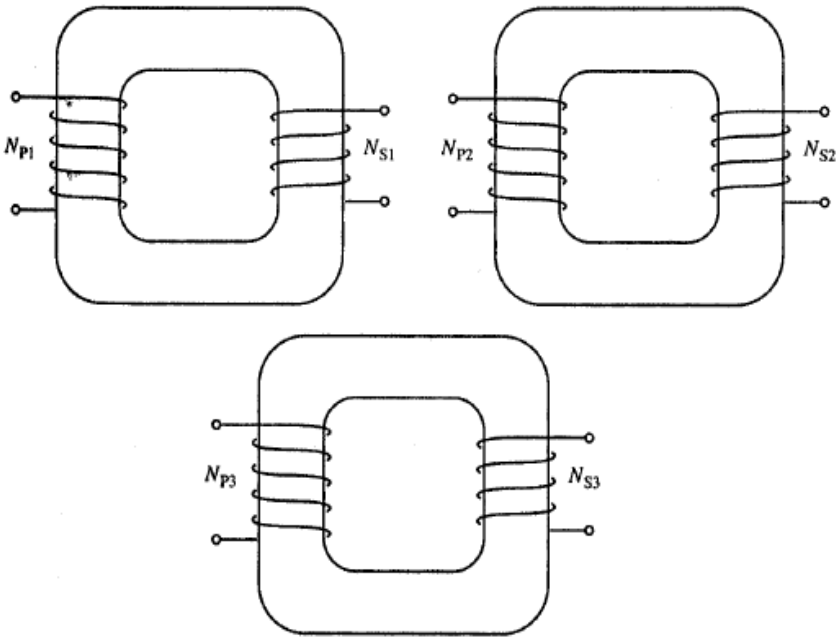
❑ انواع ترانسفورماتور از نظر قدرت

➢ ترانسفورماتور روغنی

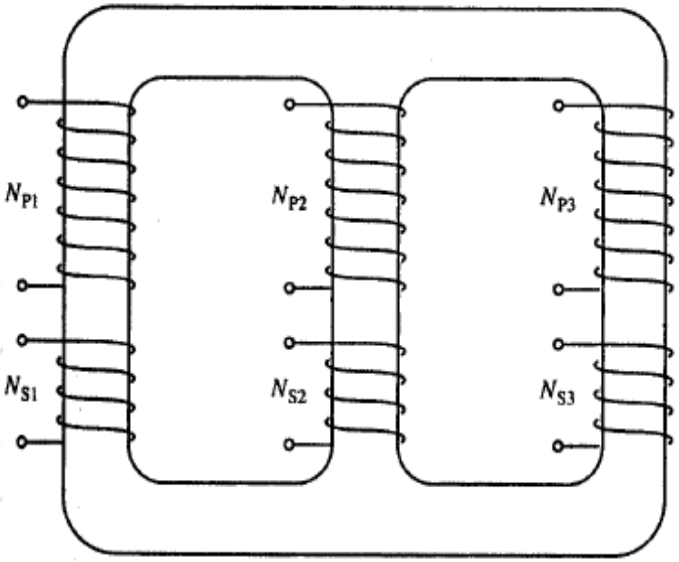
خطر آتش سوزی بخاطر وجود روغن

❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

ترانسفورماتورهای سه فاز به دو دسته ترانس با هسته های مجزا (بانک ترانس) و ترانس با هسته مشترک (یکپارچه) تقسیم بندی می شوند.



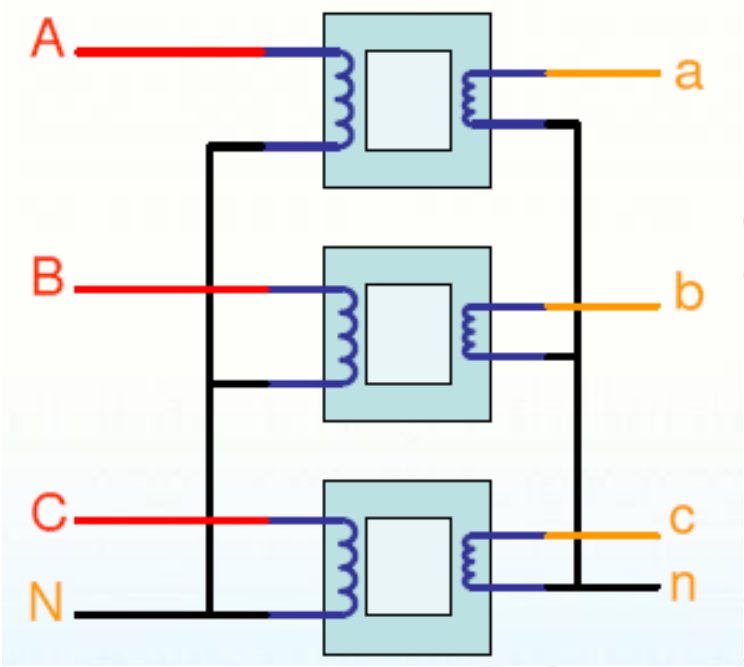
ترانس سه فاز با هسته های مجزا



ترانس سه فاز با هسته مشترک (یکپارچه)

❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

➢ ترانسفورماتور با هسته های مجزا

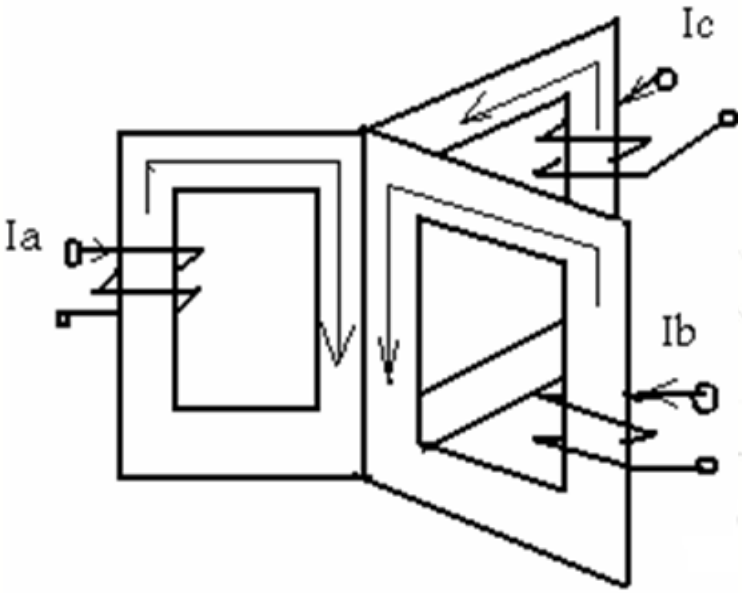


- ✓ اولین آرایشی که به عنوان ترانس سه فاز مطرح شده و بکار رفته است، شامل سه ترانس تک فاز است که در کنار هم بصورت یک مجموعه ترانس سه فاز مورد استفاده قرار گرفته است.
- ✓ امکان بکارگیری انواع آرایشهای ستاره و مثلث در اولیه و ثانویه وجود دارد.
- ✓ این ساختار با نام بانک ترانس نیز شناخته می شود.
- ✓ یکی از محاسن چنین آرایشی، امکان تعویض هر کدام از فازها در صورت بروز نقص در آن فاز است و این یعنی نیاز به واحد یدکی کوچکتر.
- ✓ همچنین در صورت موجود نبودن واحد یدکی، امکان تامین قسمتی از توان بار توسط دو ترانس تک فاز باقیمانده (استفاده از آرایش مثلث باز یا V-V وجود دارد تا ترانس معیوب تعمیر گردد. در این حالت ولتاژ و جریان سه فاز متعادل به بار تحویل می شود اما مقدار توان تحویلی برابر ۰/۵۶ توان حالت کارکرد سه ترانس است.

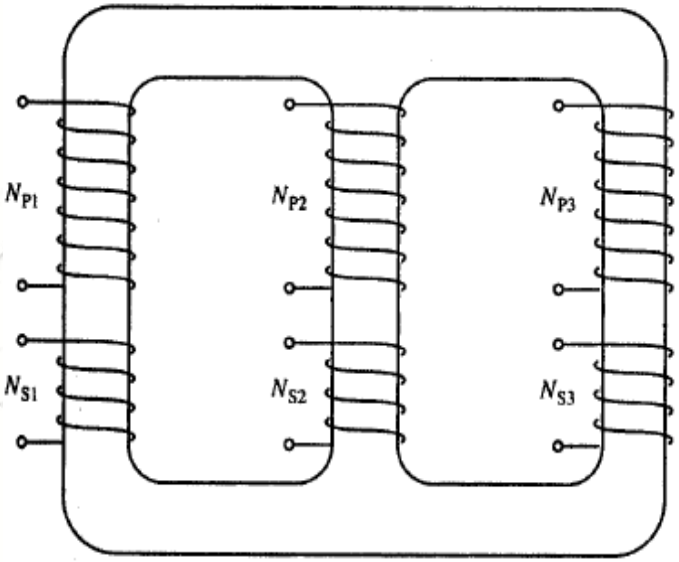
❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

➢ ترانسفورماتور با هسته یکپارچه

- ✓ عیب ساختار قبل (ترانس با هسته های مجزا)، وزن بالای هسته، فضای زیاد مورد نیاز و قیمت بیشتر است. برای رفع این عیوب، استفاده از ساختار با هسته یکپارچه (یا هسته مشترک) پیشنهاد شده است.
- ✓ هسته یکپارچه می تواند بصورت متقارن و یا بصورت ستونی باشد.



هسته یکپارچه متقارن

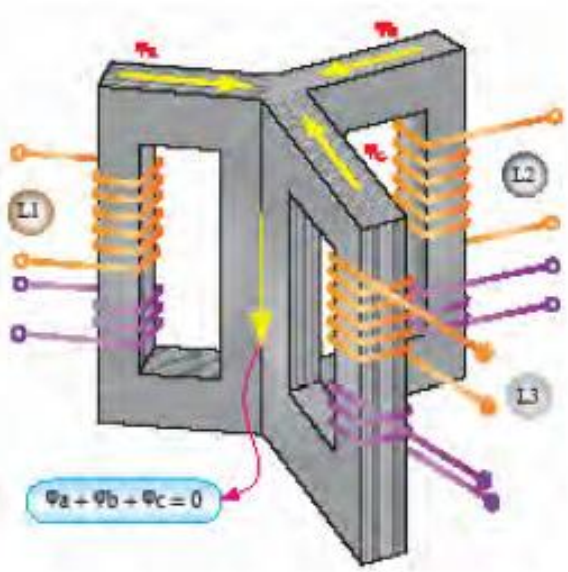


هسته یکپارچه ستونی

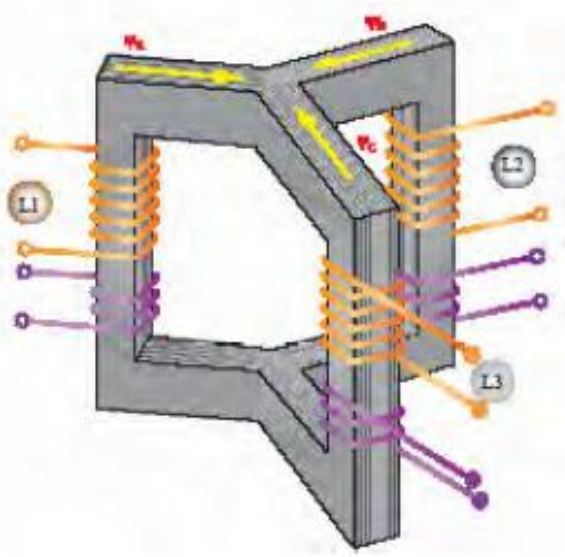
❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

➢ ترانسفورماتور با هسته یکپارچه متقارن

- ✓ در شرایط کار متعادل، شار عبوری از ساق وسط (یا ساق مشترک) در شکل (الف) برابر صفر است و عملا وجود آن بی فایده است.
- ✓ لذا به منظور کاهش حجم و وزن و قیمت، می توان ساق مشترک در شکل (الف) را حذف نمود و به شکل (ب) رسید.
- ✓ در عمل، ساخت هسته شکل (ب) نیز به دلیل حجم زیاد (شکل دایره ای اش) و هزینه های آن، مورد استفاده قرار نمی گیرد و بیشتر از نوع ستونی استفاده می شود.



(الف) هسته یکپارچه متقارن اولیه

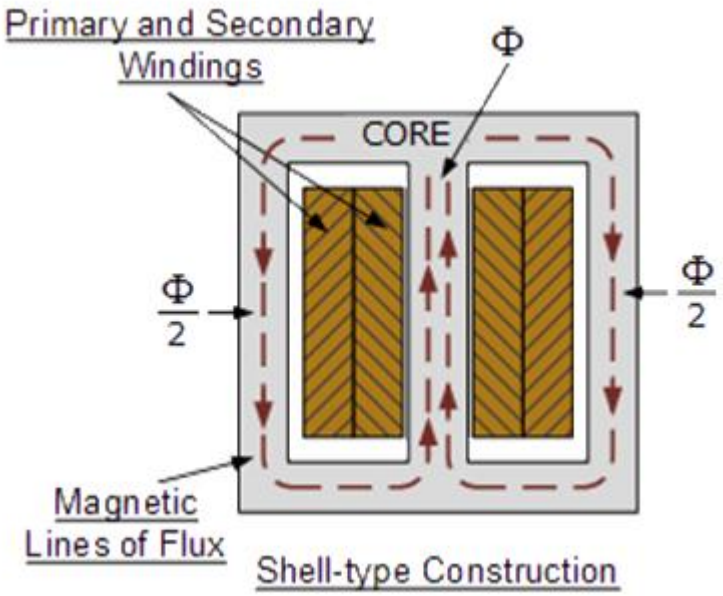


(ب) هسته یکپارچه متقارن با حذف ساق مشترک

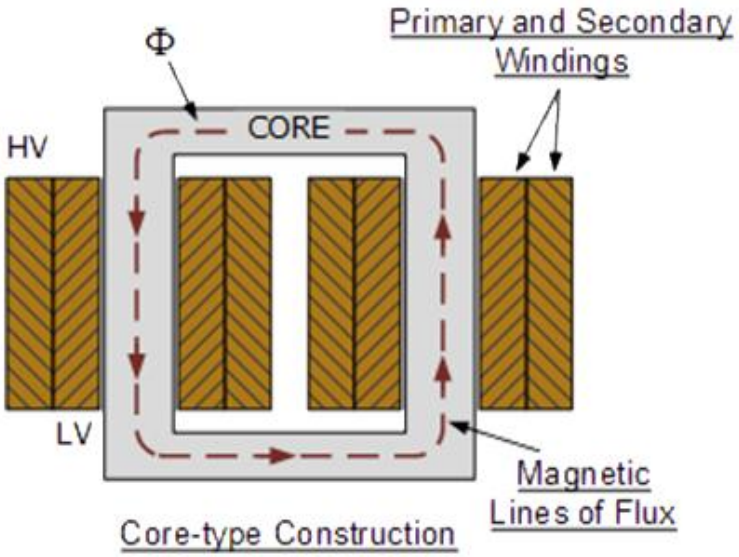
❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

➢ ترانسفورماتور با هسته یکپارچه ستونی

- ✓ هسته ستونی می تواند در دو نوع زیر طراحی شوند:
  - (الف) نوع زرهی (Shell type)
  - (ب) نوع هسته ای (Core type)
- ✓ شکل زیر تفاوت این دو نوع هسته را برای یک فاز نمایش می دهد.



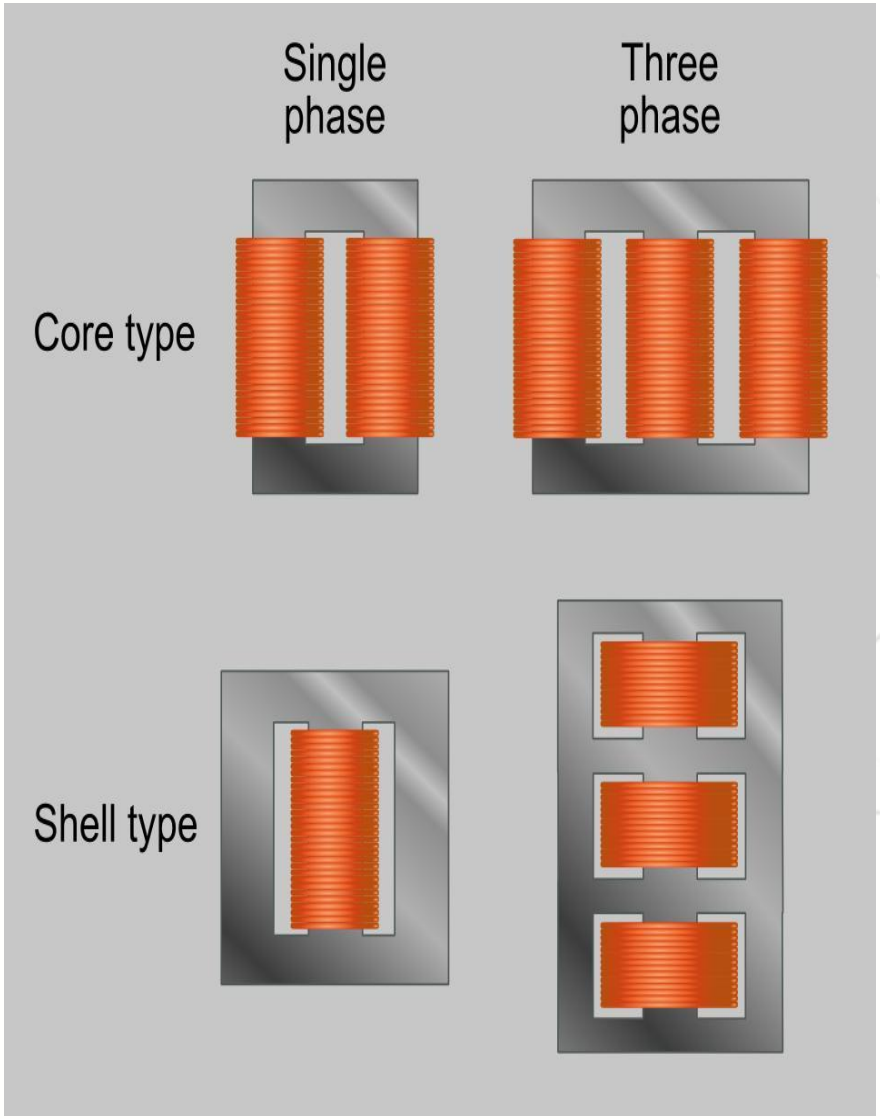
(الف) ترانس نوع زرهی



(ب) ترانس نوع هسته ای (یا ستونی)

❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

➢ ترانسفورماتور با هسته یکپارچه ستونی

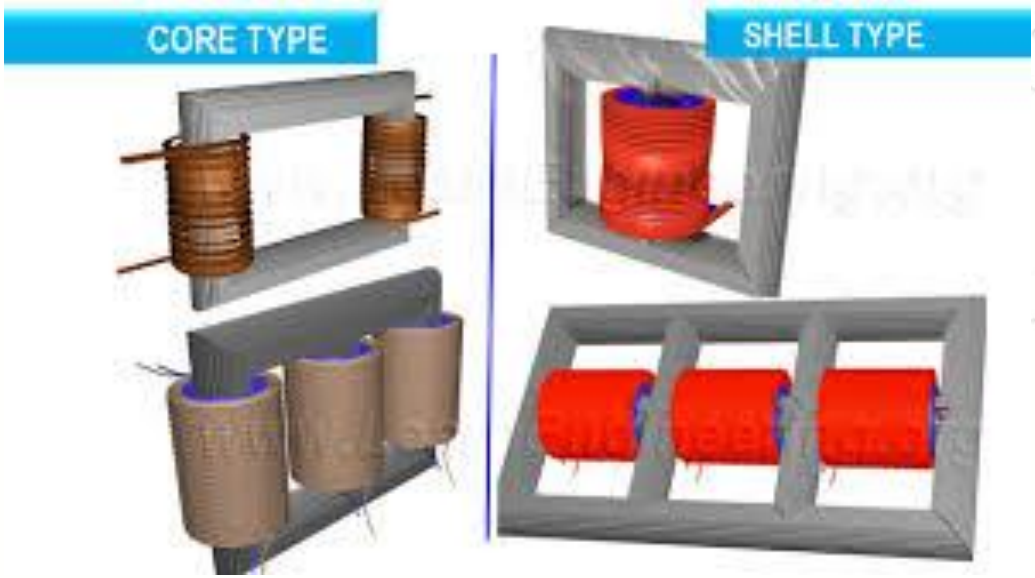


- ✓ شکل های مقابل ترانسهای زرهی و هسته ای تک فاز و سه فاز را نمایش می دهد.
- ✓ عیب نوع هسته ای (یا اصطلاحا ستونی) آن است که مقدار شار عبوری هر فاز بصورت مساوی در ساقهای مختلف هسته، جاری نمی شود.

❑ انواع ترانسفورماتورهای سه فاز از نظر ساختمان

➢ ترانسفورماتور با هسته یکپارچه زرهی

- ✓ در ترانس نوع زرهی (یا جداره ای) مقدار زیادی از سیم پیچ توسط هسته احاطه می شود.
- ✓ در انتخاب نوع ستونی یا زرهی، ملاک قیمت است.
- ✓ ترانس زرهی دارای مزایای زیر است:
  - ○ استحکام نسبی بیشتر هسته
  - ○ وزن و اندازه کمتر در هر KVA نامی
  - ○ تلفات آهنی کمتر در چگالی شار بیشتر



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

قسمتهای اصلی در ساختمان ترانسفورماتورهای قدرت روغنی عبارتند از:

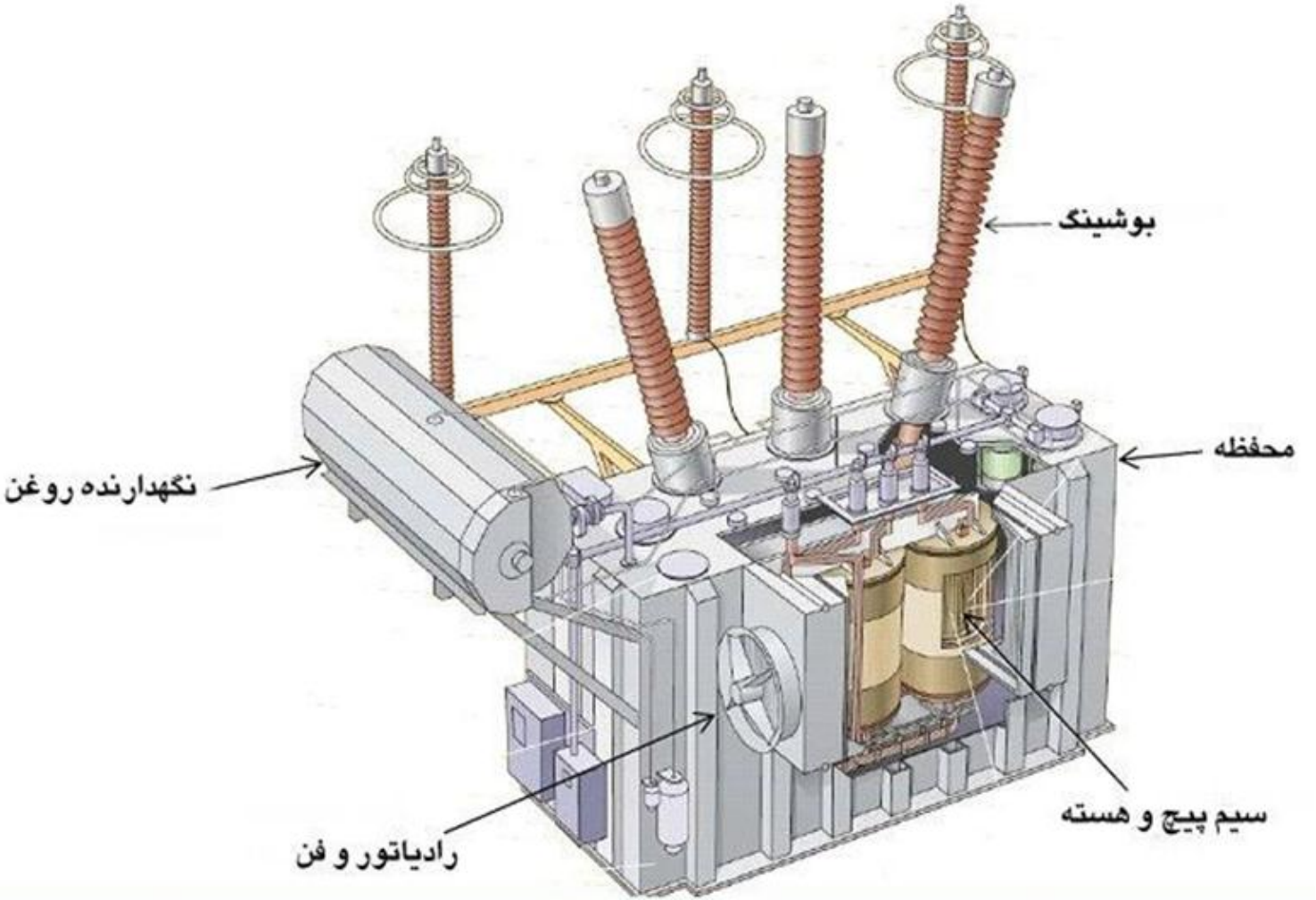
۱- هسته

۲- سیم پیچ های اولیه و ثانویه

۳- تانک اصلی روغن (محفظه)

٤- مقره ها (بوشینگ)

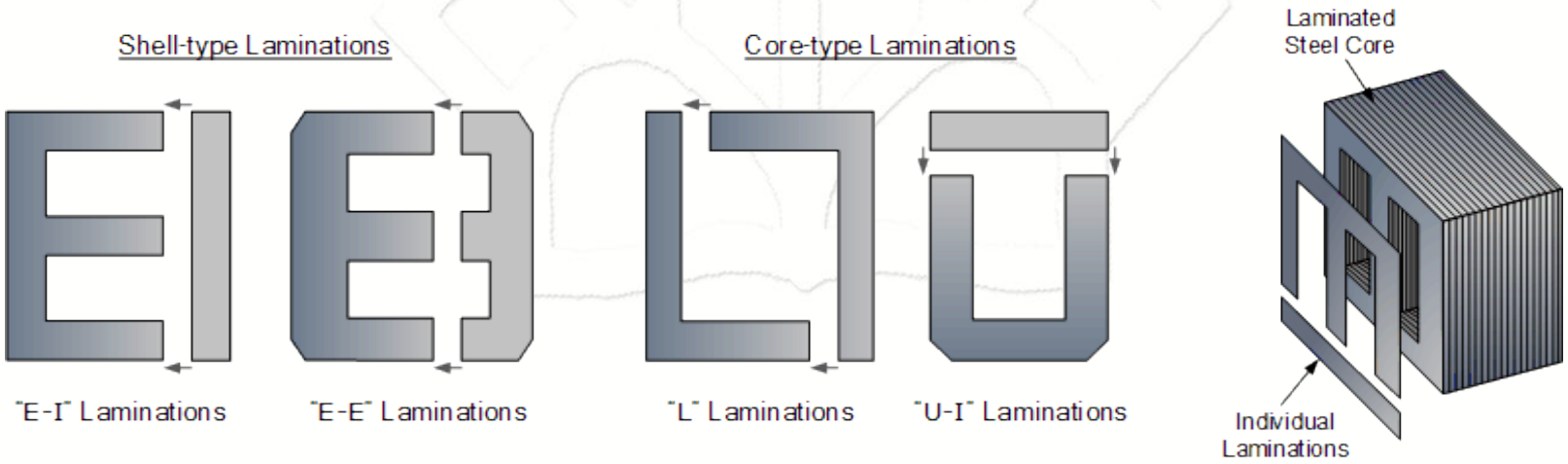
❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ هسته ترانس

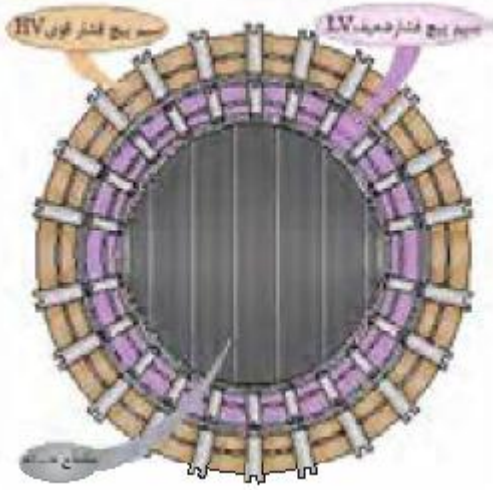
- ✓ هسته ترانس یک مدار مغناطیسی خوب با حداقل فاصله هوایی و حداقل مقاومت مغناطیسی است تا فورانهای مغناطیسی براحتی از آن عبور کنند.
- ✓ هسته بصورت ورقه ورقه ساخته شده و ضخامت ورقه ها حدود ۰.۳ میلیمتر و حتی کمتر است.
- ✓ برای کاهش تلفات فوکو ورقه ها تا حد امکان نازک ساخته می شوند ولی ضخامت آنها نباید بحدی برسد که از نظر مکانیکی ضعیف شده و تاب بردارد .
- ✓ در ترانسهای قدرت ضخامت ورقه ها معمولاً ۰.۳ یا ۰.۳۳ میلیمترانتخاب می شود که این ورقه ها توسط لایه نازکی از وارنیش عایقی با یک سیم نازک عایقی، و یا پوششی از عایق مناسب یا لاک نسبت به هم عایق می شوند .



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ سیم پیچی های ترانس

- ✓ در ترانس با هسته ستونی، سیم پیچها اعم از فشار قوی ، متوسط و فشار ضعیف و سیم پیچ تنظیم – بصورت استوانه متحدالمرکز روی ستون های هسته قرار می گیرند.
- ✓ معمولاً سیم پیچ فشار ضعیف در داخل و فشار قوی در خارج واقع می شوند و ترتیب فوق به این دلیل رعایت می شود که عایق کاری فشار ضعیف نسبت به هسته راحت تر است .



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ سیم پیچی های ترانس

- ✓ سیم پیچ ترانس ها نسبت به هم در نوع سیم پیچ، تعداد حلقه ها، اندازه سیم ها و ضخامت عایق بین حلقه ها متفاوت خواهند بود.
- ✓ هر چه ولتاژ ترانس بالا برود، تعداد حلقه های سیم پیچ بیشتر می شود و هر چه ظرفیت ترانس بیشتر شود، اندازه سیم ها بزرگتر می گردد .
- ✓ ساختمان سیم پیچ ها برای رژیم حرارتی که باید در آن کار کند محاسبه شود، زیرا در غیر این صورت عمر ترانس کاسته خواهد شد.

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ تانک اصلی روغن

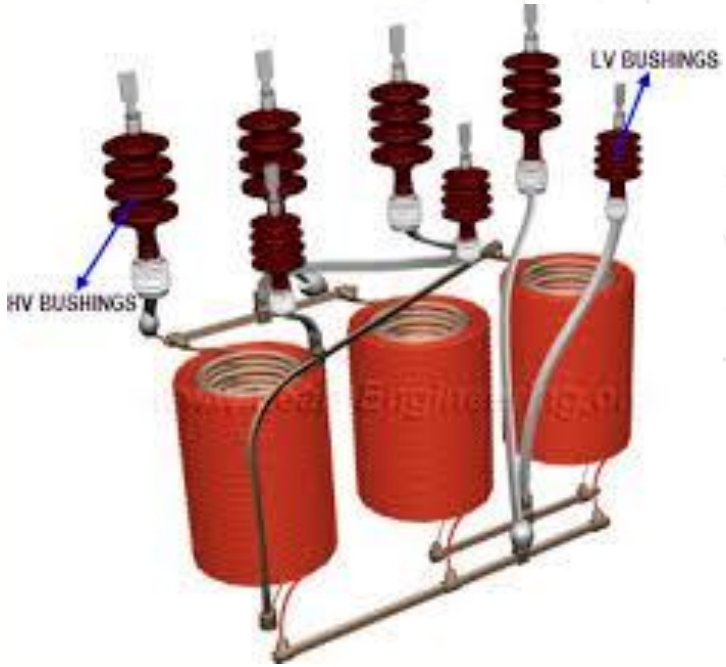
- ✓ تانک روغن، حفاظتی برای هسته، سیم پیچ ، روغن و سایر متعلقات داخلی می باشد.
- ✓ تانک ترانس یک ظرف مکعب یا بیضوی شکل است که هسته و سیم پیچ های ترانس در آن قرار می گیرند و نقش یک پوشش حفاظتی را برای آنها ایفا می کند داخل این ظرف از روغن پر می شود بطوریکه هسته و سیم پیچ کاملاً در روغن فرو می روند.
- ✓ سطح خارجی تانک تلفات گرمایی داخل ترانس را به بیرون منتقل می کند از هر مترمربع سطح تانک حدوداً ۴۰۰ الی ۴۵۰ وات توان گرمایی به خارج منتقل می شود، بطوریکه در ترانسهای کوچک، همین سطح برای خنک کاری کافی است و به تمهیدات دیگری نظیر رادیاتور و فن نیاز نمی باشد.

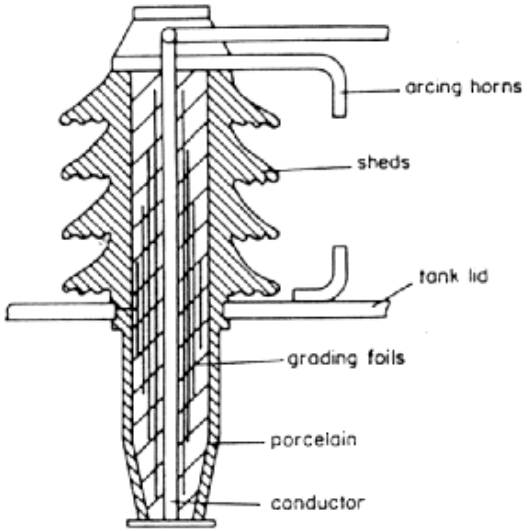
Tanking: ratio, core-to-ground, in-tank CTs - polarity, ratio, saturation

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ مقره ها (بوشینگ)

- ✓ سرهای خروجی سیم پیچ های فشار قوی و فشار ضعیف باید نسبت به بدنه فلزی تانک، عایق کاری شوند. برای این منظور از مقره ها استفاده می شود.
- ✓ مقره یا بوشینگ تشکیل شده است از یک هادی مرکزی که توسط عایق های مناسبی در میان گرفته شده است.
- ✓ بوشینگها روی در پوش فوقانی ترانس نصب می شوند و در موارد نادری بوشینگ ها را روی دیوارهٔ جانبی تانک هم نصب می کنند. انتهای پایینی مقره در داخل تانک جای می گیرد، در حالی که سر دیگر آن در بالای درپوش و در هوای خارج واقع می شود. ترمینال های هر دو سر دارای بست های مناسبی برای اتصال به سر هادی های داخل ترانس و نیز هادی های شبکه می باشند.





❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ مقره ها (بوشینگ)

- ✓ شکل و اندازه بوشینگ ها به کلاس ولتاژ، نوع محل (داخل ساختمان یا در هوای آزاد) و جریان نامی آن بستگی دارد. بوشینگ های داخل ساختمانی نسبتاً کوچک بوده و سطح آن صاف است
- ✓ اما بوشینگ های هوای آزاد کاملاً در معرض شرایط مختلف جوی نظیر برف و باران و آلودگی و ... قرار می گیرند، بنابراین از نظر شکل کاملاً متفاوتند و از سپرهایی به شکل چتر تشکیل می شوند، تا سطح زیرین آنها در مقابل باران خشک نگه داشته شوند.

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز (نوع روغنی)

➢ سایر اجزاء

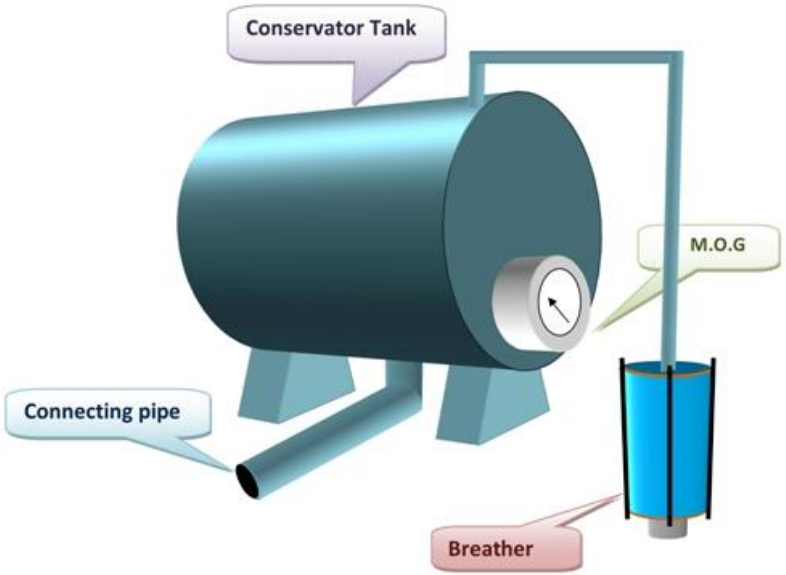
به جز موارد اصلی ذکر شده، اجزا دیگری نیز به منظور اندازه گیری و حفاظت به شرح زیر وجود دارند، که در ادامه برخی آنها توضیح داده می شوند:

۱- کنسرواتور یا منبع انبساط روغن
۲- مجرای تنفسی و سیلیکاژل تانک
۳- تب چنجر
٤- ترمومترها
٥- نشان دهنده های سطح روغن
٦- رله بوخ هلتز
۷- سوپاپ اطمینان یا لوله انفجاری / شیر فشار شکن)
۸- رادیاتور یا مبدلهای حرارتی
۹- پمپ و فن ها
۱۰ – شیرهای نمونه برداری از روغن پایین و بالای تانک
۱۱- شیرهای مربوط به پرکردن و تخلیه روغن ترانس
۱۲- تابلوی کنترل
۱۳- تابلوی مکانیزم تب چنجر
۱٤- چرخ ها
۱٥- پلاک مشخصات نامی

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ کنسرواتور

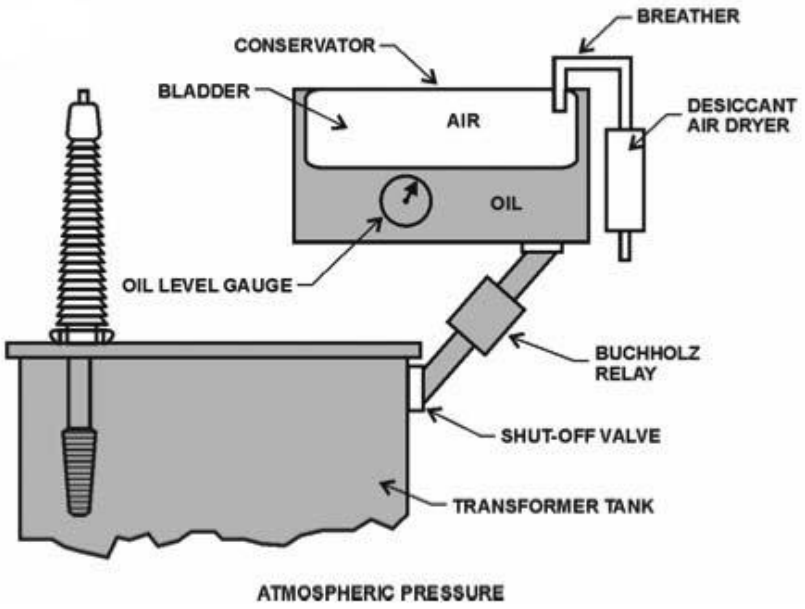
✓ منبع ذخیره روغن که به اسامی منبع انبساط و کنسرواتور نیز نامیده می شود، تانکی است که در بالاترین قسمت ترانس نصب می شود در حین تغییرات بار روزانه، روغن ترانس انبساط و انقباض می یابد و در حین انبساط وارد منبع ذخیره می شود (شماره ٤ در شکل روبرو)

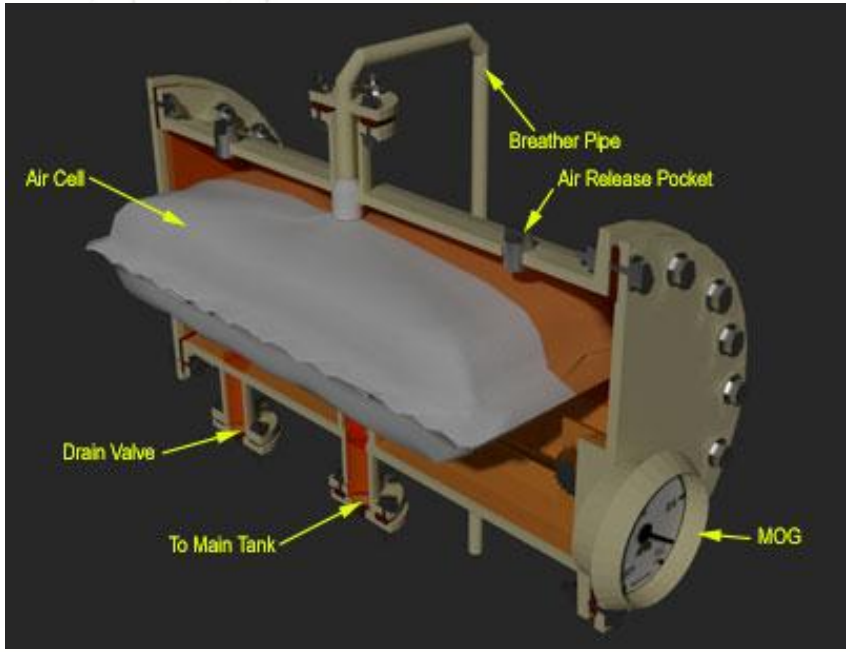


❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ کنسرواتور

- ✓ اندازه و حجم منبع ذخیره به اندازه ترانس و تغییرات دمایی آن در هنگام بهره برداری بستگی دارد .
- ✓ یک گزینه برای جدا سازی سطح روغن از هوا، استفاده از کیسه هوا می باشد که به واسطه آن تقریباً روغن ترانس seal شده و تبعات ناشی از تماس مستقیم روغن با هوا کاهش می یابد.

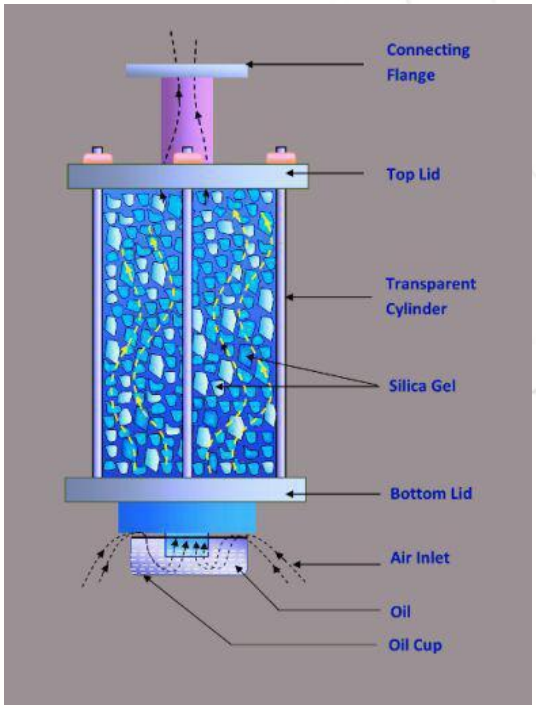


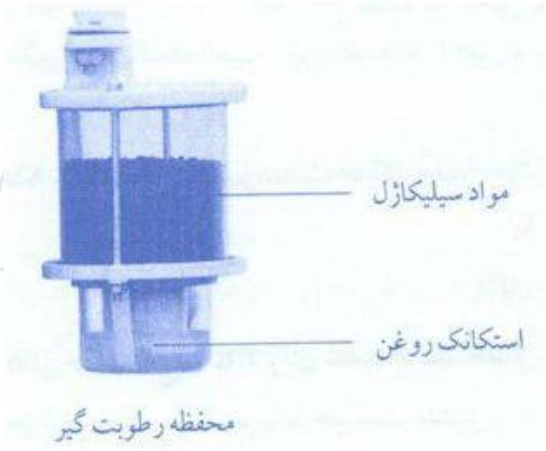


❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ رطوبت گیر (یا سلیکاژل)

- ✓ ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت همراه دارای کنسرواتور، با محیط اطراف ارتباط داشته و انبساط و انقباض روغن از طریق تنفس (خارج شدن هوا از کنسرواتور در زمان انبساط روغن و ورود هوا به کنسرواتور در زمان انقباض روغن) جبران می شود.
- ✓ لیکن رطوبت محیط یکی از عوامل مهم کاهش ولتاژ شکست روغن و بالطبع جذب رطوبت توسط عایق کاغذی است که می بایست از آن اجتناب نمود.
- ✓ بهمین دلیل در این ترانسفورماتورها از محفظه رطوبت گیر ترانسفورماتور استفاده می شود که شامل سیلیکاژل و تله هوا یا (استکانک روغن) مطابق شکل ذیل است:





محفظه رطوبت گیر

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ رطوبت گیر (یا سلیکاژل)

- ✓ در زمان کاهش دمای روغن (براثر کاهش بار یا دمای محیط) و بالطبع کاهش حجم آن، هوا از طریق استکانک (پیاله) روغن وارد منبع انبساط ترانسفورماتور می شود. هوا ابتدا به روغن موجود در پیاله روغن برخورد کرده و پس از جذب گرد و غبار توسط روغن موجود در پیاله، وارد محفظه سیلیکاژل می شود. در نهایت رطوبت هوا توسط سیلیکاژل جذب شده و هوای نسبتا خشک وارد ترانسفورماتور می گردد.
- ✓ سه نوع سیلیکاژل در رطوبت گیر ترانس استفاده می شود: آبی، بی رنگ (سفید) و نارنجی

انواع مختلف سیلیکاژل

❖ **تغییر رنگ سیلیکاژل آبی پس از اشباع شدن از آب:**

- ✓ مطابق شکل زیر، موعد تغییر سلیلکاژل وقتی است که سیلیکاژل از پایین و از سمت پیاله روغن تغییر رنگ دهد.
- ✓ اگر سیلیکاژل از بالای رطوبت گیر تغییر رنگ داده باشد به معنای تنفس ترانس از بالای رطوبت گیر و نقص در آب بندی است که لازم است در اسرع وقت این مورد اصلاح گردد.

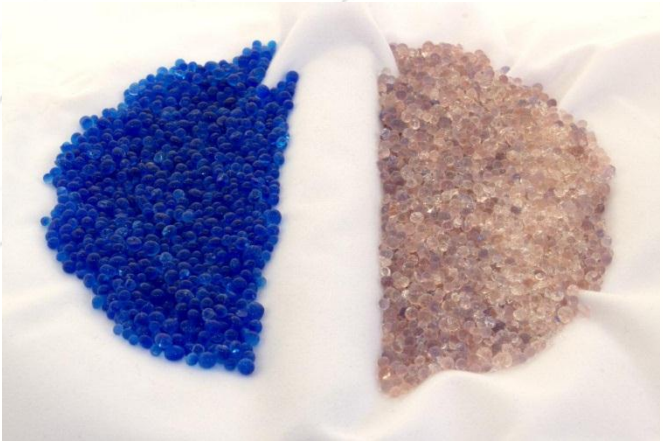
تغییر رنگ سیلیکاژل آبی (رطوبت گیر سمت چپ)،
در این شرایط لازم است سیلیکاژل تعویض شود

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ رطوبت گیر (یا سلیکاژل)

❖ **رعایت ایمنی در هنگام تعویض سیلیکاژل:**

- ✓ **طبق الحاقیه بخشنامه اتحادیه اروپا، کلرید کبالت (سیلکاژل آبی) باعث واکنشهای آلرژیک دستگاه تنفسی و اختلالات عملکرد کبد، کلیه، چشم و ... می گردد و برای محیط زیست نیز مخرب می باشد. همچنین تنفس عمیق این ماده می تواند سرطانزا باشد.**
- ✓ **لذا به بهره برداران ترانسفورماتور توصیه اکید می گردد هنگام تماس با سیلیکاژل آبی از دستکش و ماسک استفاده نمایند.**
- ✓ **امروزه در ترانسفورماتورهای نو بیشتر از سیلیکاژل های بی رنگ و نارنجی استفاده می شود.**



تغییر رنگ سیلیکاژل آبی پس از اشباع شدن از آب

تغییر رنگ سیلیکاژل نارنجی پس از اشباع شدن از آب

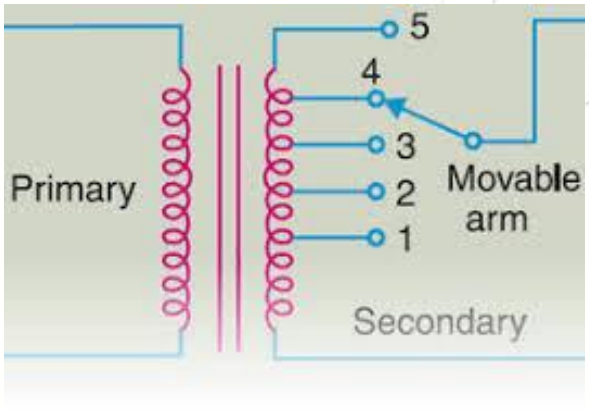
❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ تپ چنجر

- ✓ در بارهای مختلف افت ولتاژ در ترانسفورماتورها و خطوط نیز تغییر می کند و سبب تغییر ولتاژ شبکه می شود.
- ✓ کنترل ولتاژ شبکه های توزیع و انتقال عمدتاً توسط تپ چنجر ایجاد می شود.
- ✓ اساس کار تپ چنجر بر تغییر نسبت تبدیل ترانس استوار است . بدین ترتیب که با انشعاباتی که در سیم پیچ یک طرف تعبیه می گردد تعداد دور سیم پیچ را تغییر داده و سبب تغییر ولتاژ خروجی ترانس می گردد.
- ✓ معمولاً تپ چنجرها بر روی سیم پیچی که ار نظر اقتصادی و فنی مقرون به صرفه باشد قرار می گیرد. به دلایل زیر، تپ چنجر، بیشتر بروی اتصال ستاره و یا سمت فشار قوی قرار داده می شود:

الف) در طرف فشار قوی جریان کمتر است لذا برای تپ چنجرهایی که زیر بار عمل می کنند حذف جرقه ساده تر است.

ب) چون تعداد دور سیم پیچها ی فشار قوی بیشتر است، لذا امکان تغییرات یکنواخت تروپه های کوچکتر به راحتی میسر است. در اتصال ستاره انشعابات تپ چنجر را در سمت نقطه صفر قرار می دهند تا عایق کاری آن نسبت به زمین ساده تر باشد.



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ تپ چنجر

- ✓ معمولاً کنترل ولتاژ در محدودهٔ ٪۱۵ ± مقدور است. ولتاژ هر پله تپ چنجر عموماً بین ۱ تا ۲/۵ درصد تغییر می کند.
- ✓ انتخاب مقدار کم برای پله ها سبب افزایش تعداد تپ ها می گردد و انتخاب مقدار بالا برای هر پله باعث عدم امکان تنظیم دقیق ولتاژ مورد نظر می گردد.

❖ محل تپ چنجر:

- ✓ در داخل تانک اصلی، قسمتی را برای بخش اصلی تپ چنجر (دایورترسوئیچ) در نظر گرفته اند این قسمت کاملاً آب بندی شده است داخل آن نیز با روغن ترانس پر شده است. این روغن کاملاً از روغن تانک اصلی جداست و باهم مخلوط نمی شود.

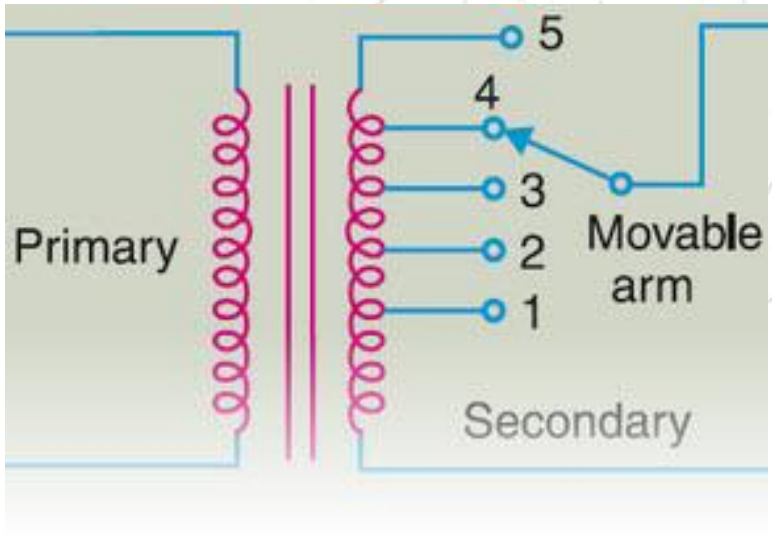
©www.irantransformer.com

❖ **تپ چنجر ترانسفورماتورها عموماً بر ۲ نوع می باشند:**

۱- **On-load: ترانسفورماتورهایی که تپ آنها زمانی که تپ ترانسفورماتور زیربار است، قابل تغییر می باشد.**

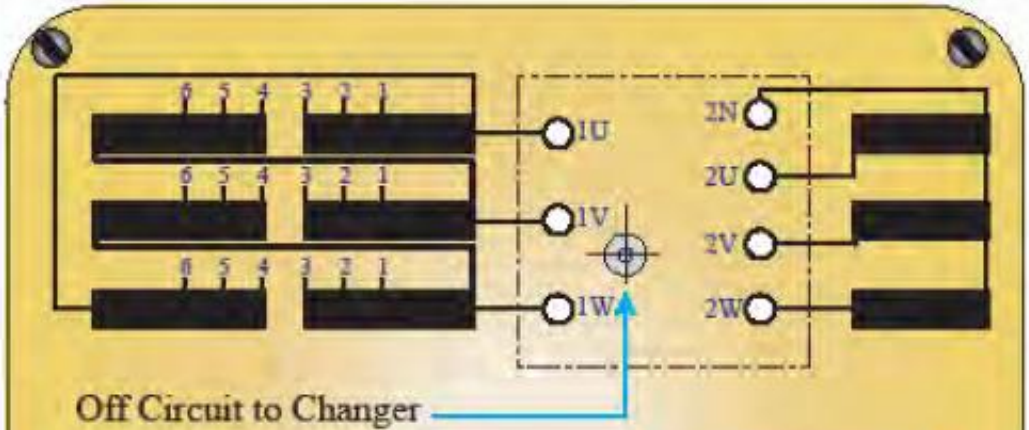
۲- **Off-load: ترانسفورماتورهایی که تپ آنها فقط زمانی که در مدار نباشند، قابل تغییر می باشند.**

✓ **تپ چنجر های Off-load (غیر قابل تغییر زیر بار) دارای ساختمان ساده ای بوده و جهت تغییر آن حتماً باید ترانس قدرت را از مدار خارج نمود. تغییرات این نوع تپ چنجر ها معمولاً با توجه به نیاز و متناسب با نوسانات بار در فصول مختلف سال انجام می گیرد.**



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ تپ چنجر

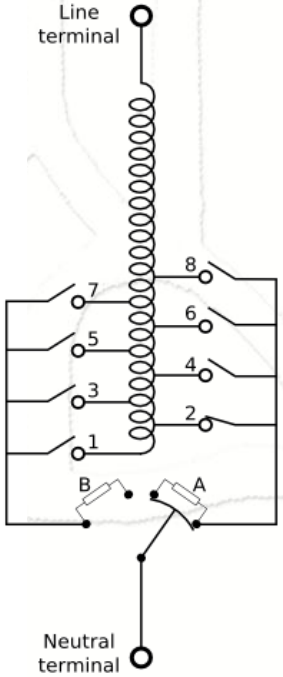


HV side				LV side	
Position	Tap changer Connections	Voltage	Connection	Voltage	Connection
1	3 – 4	6300	1V, 1U, 1W	400	2V, 2N, 2U, 2W
2	4 – 2	6150			
3	2 – 5	6000			
4	5 – 1	5850			
5	1 – 6	5700			

چگونگی اتصالات کلید تنظیم

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ تپ چنجر



❖ تپ چنجر های قابل تغییر زیر بار از چند قسمت مختلف تشکیل شده اند:

1) موتور و درایو که بر روی بدنه خارجی ترانس قرار دارد.
2) مکانیزم انتقال حرکت که یک جعبه دنده است و موتور به یک طرف آن متصل است.
3) کلیدهای لغزان کمکی

✓ تپ چنجر های On-load به دلیل پیچیدگی و گرانی در ترانسهای توزیع اصلا به کار نمی روند.

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ ترمومتر

- ✓ با توجه به کلاس عایقی موردنظر در ترانسفورماتور، اثرات مخرب حرارت غیر مجاز بر کیفیت عایقهای بکار رفته در ترانس، لازم است در تمامی شرایط دمای بخشهای مختلف داخل ترانسفورماتور تحت کنترل باشد، که برای این منظور از ترمومتر استفاده می شود.

- ❖ در ترانسفورماتورهای قدرت از ترمومتر برای اندازه گیری دمای روغن و سیم پیچ استفاده می شود. لذا دو نوع ترمومتر در ترانس به کار می رود:

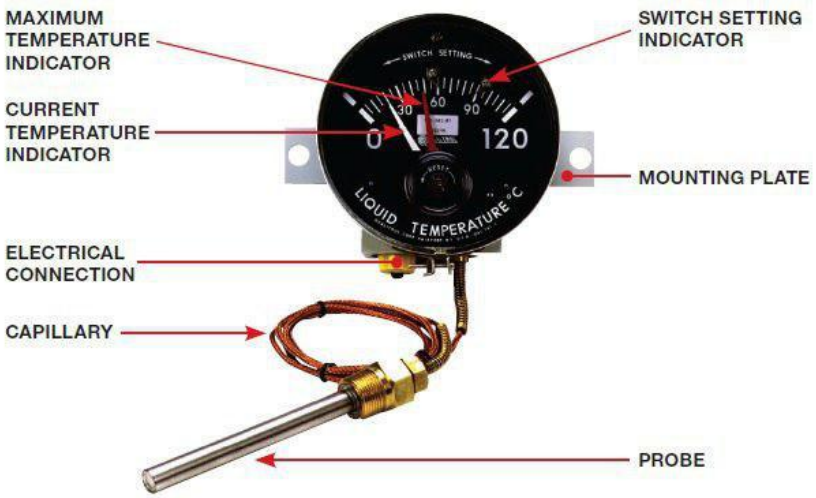
1) ترمومتر محفظه روغن: معمولا در ترانسهای با توان ۶۳۰ kVA به بالا بکار می رود.
2) ترمومتر سیم پیچ: معمولا در ترانسهای با توان ۱۲۵۰ kVA به بالا بکار می رود.

✓ **ترمومتر ها از سه جز اصلی تشکیل می شوند:**

1) **سنسور،** که وظیفه آن لمس حرارت روغن ترانس است. سنسور در محفظه ای (سل) جدا از روغن اصلی ترانس قدرت قرار می گیرد که با تبادل حرارت بین سل و روغن ترانس حرارت را سنسورها تشخیص می دهد، محل سل ها بروی ترانس قدرت جایی است که بیشترین حرارت را دارد (که معمولاً در سمت سیم پیچی است که بیشتر جریان می دهد).

2) **لوله انتقال حرارت :** این لوله رابط بین سنسور و بخش بعدی از ترمومتر است که حرارت را جهت خواندن از سنسور که بالای ترانس نصب است به جایی که نشاندهنده ها تعبیه میشوند انتقال می دهد.

3) **باکس ترمومتر:** در داخل محفظه ای دیگر که در کنار ترانسها نصب می شود یکسری ترمینال، میکرو سوئیچ، عقربه های نشاندهنده، سیلندر کمکی، نقاط تنظیم و.. قرار دارد.



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

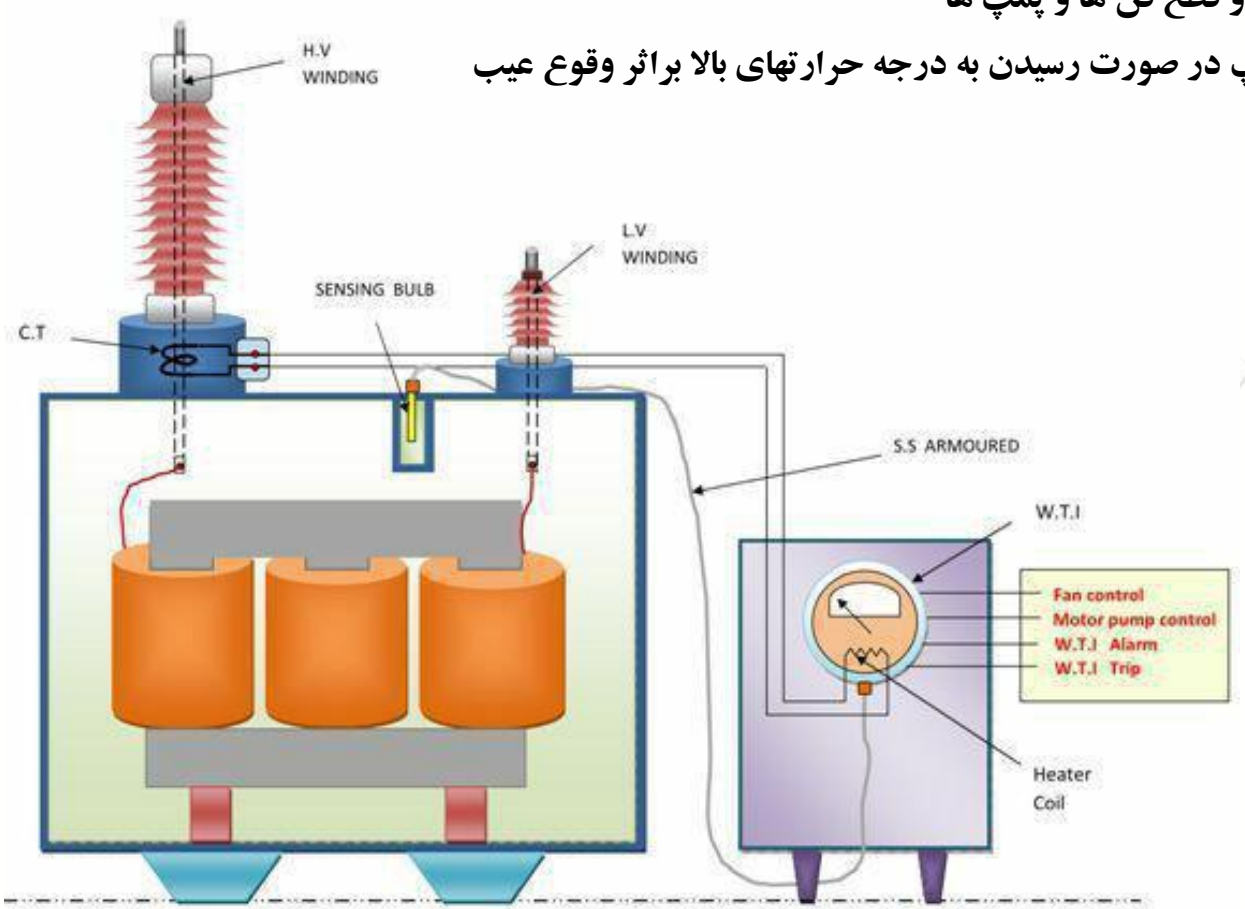
➢ ترمومتر

ترمومترهای روغن و سیم پیچی سه کاربرد مهم دارند:

۱- نمایش دما در شرایط کار عادی ترانس

۲- فرمان وصل و قطع فن ها و پمپ ها

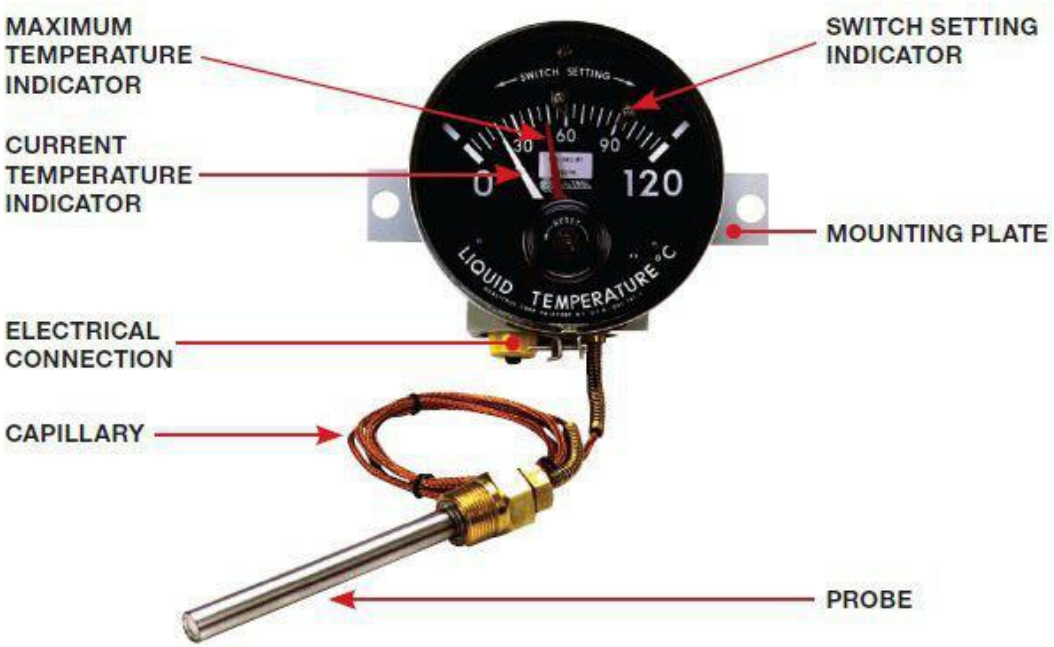
۳- آلارم و تریپ در صورت رسیدن به درجه حرارتهای بالا براثر وقوع عیب



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ ترمومتر (محفظه روغن)

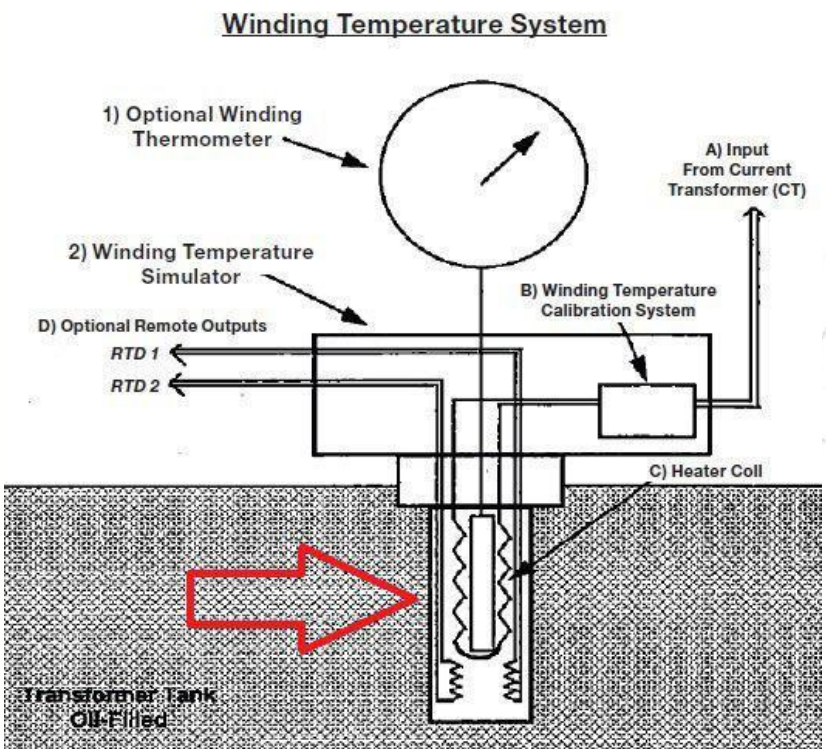
- ✓ **ترمومتر محفظه روغن، برای نشان دادن دمای روغن طراحی شده اند و دارای ۲ میکروسوئیچ و شاخص نشانگر می باشند. عقربه مخصوص نشان دهنده حداکثر دما نیز بر روی آنها نصب گردیده است.**
- ✓ **ترمومتر روغن دو عقربه دارد. با افزایش دمای روغن، دو عقربه با هم شروع به حرکت می کنند. اما وقتی دما کاهش یافت، عقربه حداکثر دما (قرمز رنگ در شکل زیر) بر نمی گردد.**



❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ ترمومتر (سیم پیچ)

- ✓ **ترمومتر سیم پیچ ها، دمای سیم پیچ را برحسب جریان عبوری از سیم پیچ نشان می دهد.**
- ✓ **برای این منظور جریان عبوری از طرف فشار ضعیف از طریق یک ترانس جریان (CT) که برای همین منظور از قبل در بوشینگ ترانس نصب شده است، نمونه برداری شده و به مقاومت سیمی ترمومتر وصل می شود. عبور جریان از این مقاومت، حرارت تولید می کند و حرارت متناسب با جریان عبوری از سیم پیچ ترانس است. لذا دمای سیم پیچ به این نحو قابل اندازه گیری است.**



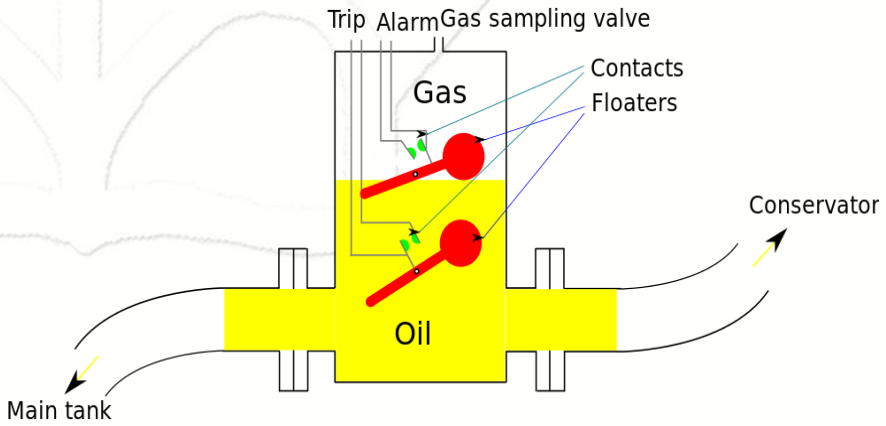
❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ نشان دهنده سطح روغن

✓ **نشان دهنده سطح روغن یا روغن نما: وسیله ای است که از آن برای نشان دادن سطح روغن در منبع انبساط ترانسفورماتور استفاده می شود.**

✓ **اگر چه رله بوخهولتز می تواند کاهش سطح روغن را نشان دهد ولی، برای داشتن ضریب اطمینان بالاتر، نشان دهندهٔ سطح روغن نیز بروی منبع ذخیره (کنسرواتور) پیش بینی می شود. ممکن است نشان دهنده بصورت دریچه شیشه ای برای دیدن سطح روغن باشد. علاوه برآن، نشان دهنده نوع عقربه ای که از طریق مغناطیس، با شناور داخل منبع کنسرواتور در ارتباط است. نیز تعبیه می گردد. عقربه نشان دهنده باید نمایانگر سطوح حداکثر، حداقل و نرمال بوده و کنتاکتهایی برای آلارم نیز باید پیش بینی شده باشد.**

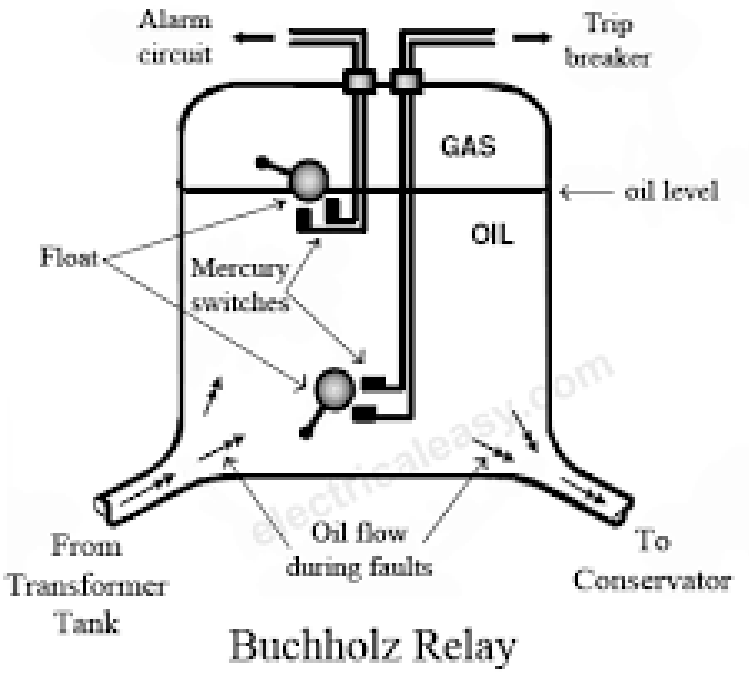
- ✓ **رله بوخ هولتز (Buchholz relay): رله ای است که برای حفاظت از تجهیزاتی که با روغن خنک می‌شوند بکار می‌رود.**
- ✓ **این رله در پی پدید آمدن گاز یا هوا در درون منبع روغنی یا پایین آمدن سطح روغن از حد روا یا گردش بیش از حد روا روغن به کار می‌افتد و در گام نخست آژیر را بکار می‌اندازد و اگر افت سطح روغن ادامه یابد در گام دوم فرمان برش (تریپ) را به کلید ورودی ترانس صادر می کند.**
- ✓ **این رله در لوله رابط بین تانک و منبع ذخیره نصب می شود.**



➢ رله بوخ هولتز

✓ رله بوخ هولتز از دو گوی شناور که در داخل محفظه رله نصب شده اند و می توانند همراه با سطح روغن جابجا شوند، تشکیل شده است. دو عدد کلید جیوه ای نیز با شناور همراه هستند و می توانند کنتاکتهایی را قطع یا وصل کنند.

برشی از رله بوخ هولتز و دو گوی آن



عوامل بکار افتادن رله بوخ هولتز:

۱- قوس الکتریکی بین هسته و دیگر بخش‌های ترانس.

۲- اتصال زمین بین زنجیره‌های کلاف.

۳- بُرش شدن یک فاز یا سوختن آن.

٤- چکه کردن روغن از تشت روغن یا لوله‌های ارتباطی آن.

عوامل ایجاد تریپ:

در گام دوم که فرمان تریپ به ترانس داده خواهد شد مشکلات پدید آمده به اینگونه اند:

۱- شکستن بوشینگ‌ها.

۲- اتصال کوتاه فاز به فاز.

۳- اتصال زمین.

٤- اتصال درون سیم پیچ‌ها.

٥- اتصال تپ‌ها به یکدیگر.

٦- پایین آمدن سطح روغن در پی سرد شدن روغن بیش از اندازه و کم بودن روغن یا نشتی روغن.

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ شیر فشارشکن (شیراطمینان یا Pressure Relief Device)

- ✓ در اثر اتصال کوتاه ناگهانی و یا هر حادثهٔ دیگر در هسته و سیم پیچها که منجر به ایجاد گاز شدید شود، فشار داخل تانک می تواند به میزان خطرناکی افزایش یابد. برای جلوگیری از خطر انفجار تانک، در بالای درپوش آن شیر فشار شکن نصب می گردد.
- ✓ این شیر در عرض چند میلی ثانیه عمل خواهد کرد و سبب تخلیه فشار خواهد شد. در همین موقع، میکرو سوییچی که همراه آن است، سبب بسته شدن مدار تریپ می گردد.
- ✓ فشار شکنها دارای یک بدنه فلنچی و یک محافظ و یا غلاف از جنس آلومینیومی می باشند، که سوپاپ اصلی در میان آن قرار داشته و توسط یک میله مرکزی و فنر به بدنه متصل می شود.

Ýíáã Ñáå ÝÔÇÑÔ¯ä ÊÑÇäÓ.MP4

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

➢ رله چندکاره در ترانسفورماتورهای هرمتیک

- ✓ در ترانسهای هرمتیک که کنسرواتور وجود ندارد، از رله های چندکاره (مثل مدل DGPT2) استفاده می شود.
- ✓ این رله (شکل زیر) که مخصوص ترانسفورماتورهای هرمتیک می باشد، در حالت های ذیل عمل می کند:

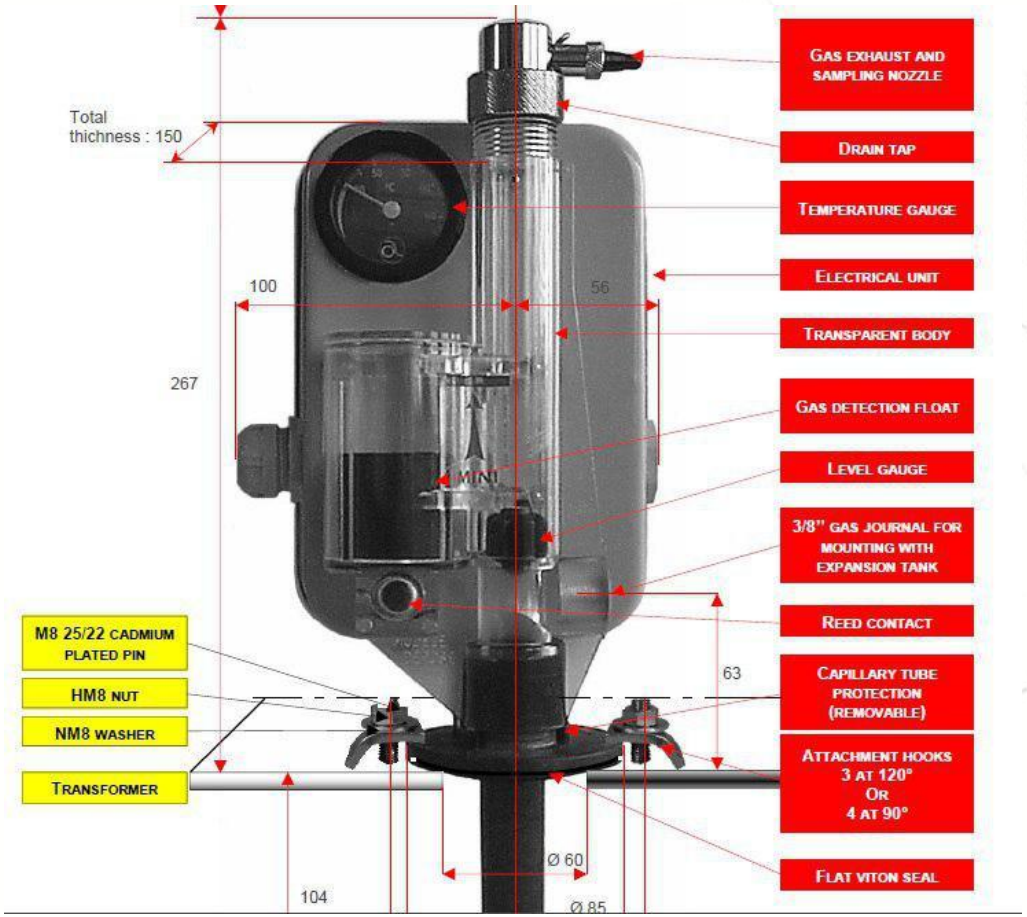
۱) تجمع گاز

۲) کاهش سطح روغن

۳) افزایش فشار مخزن

٤) افزایش دمای روغن (آلارم و تریپ)

DGPT2: Discharge of Gases + Pressure + Temperature



رله چندکاره یا DGPT2

❑ اجزای ترانسفورماتور سه فاز

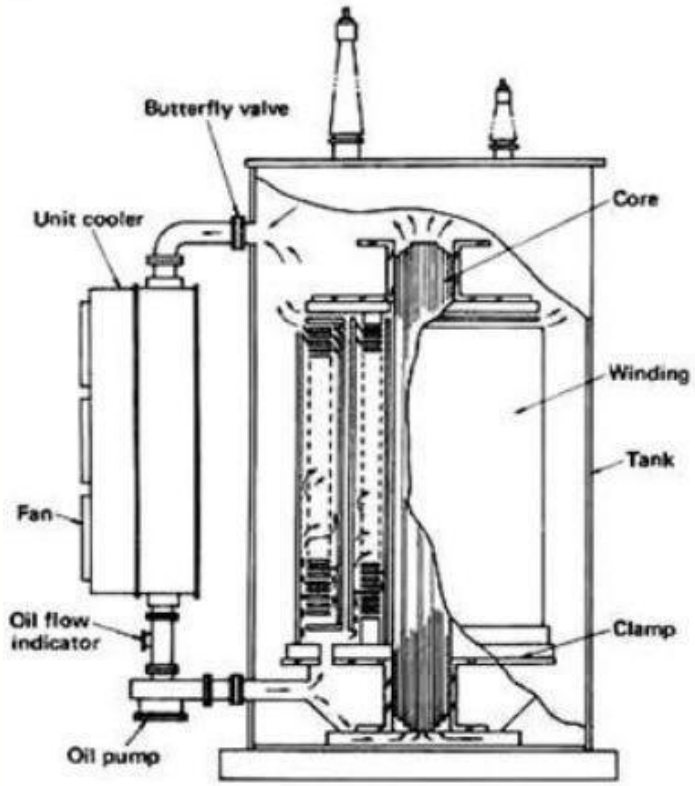
➢ رادیاتور یا مبدل حرارتی

- ✓ با توجه به اینکه روغن دارای خاصیت عایقی خوب و همچنین تبادل حرارتی زیاد می باشد، در ترانسفورماتورها بعنوان خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد.
- ✓ جهت تبادل حرارتی بهتر با محیط اطراف، روغن از طریق رادیاتور و پمپ های روغن یک سیکل بسته را طی می نماید و حین عبور از رادیاتورها توسط فن ها با محیط اطراف تبادل حرارتی انجام می دهد.
- ✓ رادیاتورها بسته به نوع اتصال شان به تانک ترانسفورماتور، به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- رادیاتورهای نصب شده روی ترانسفورماتور Tank mounted Radiators

۲ – رادیاتورهایی که بصورت جداگانه نصب شده اند Separate mounted Radiators

❖ روش های خنک کاری ترانسفورماتورهای قدرت:



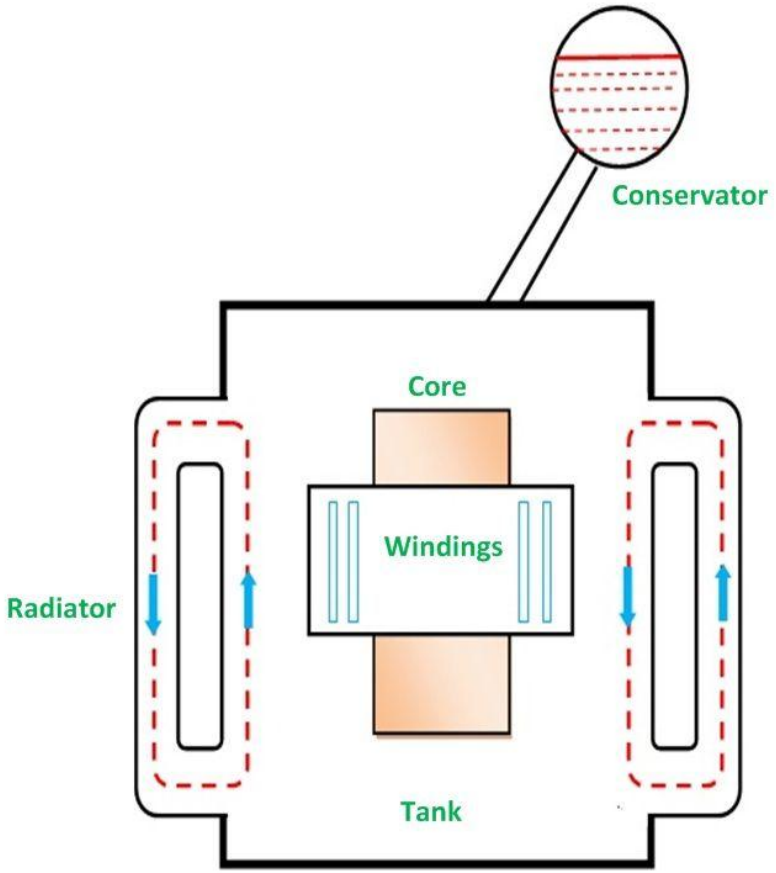
Cooling

Cooling systems
Depending of the kind of internal/external cooling the types are named as follows:

ONAN = Oil Natural Air Natural
ONAF = Oil Natural Air Forced
OFAF = Oil Forced Air Forced
ODAF = Oil Directed Air Forced
OFWF = Oil Forced Water Forced
ODWF = Oil Directed Water Forced

❖ **سیستم ONAN (روغن طبیعی – هوا طبیعی):**

- ✓ در این سیستم، هوا به طور طبیعی با سطح خارجی رادیاتورهای در تماس است و رادیاتورها به طور طبیعی با هوا خنک می شوند.
- ✓ همچنین گردش روغن در ترانسفورماتور نیز به طور طبیعی صورت می گیرد؛ یعنی روغن گرم بالا می رود و روغن سرد، جای آن را می گیرد.

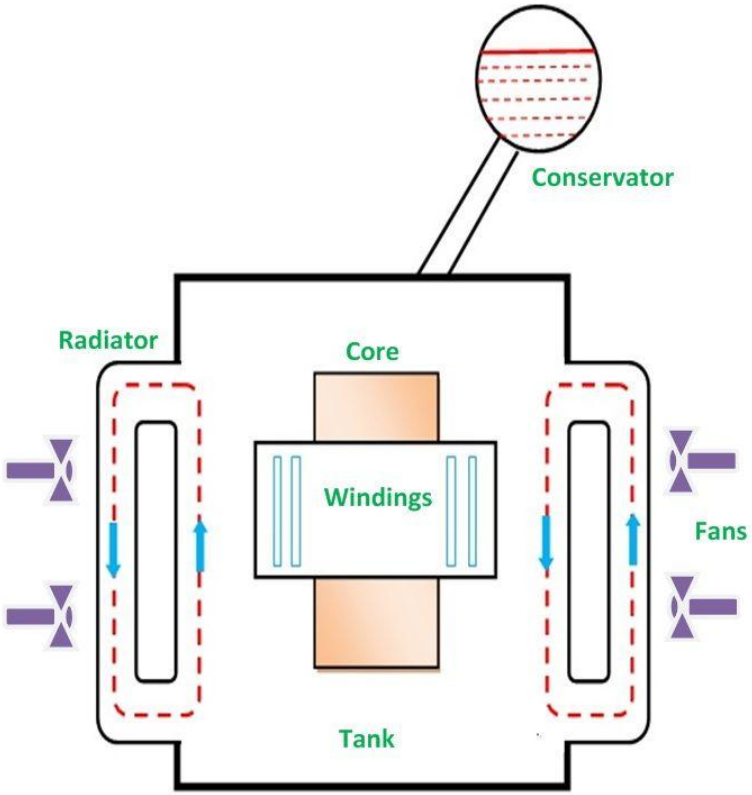


❖ **سیستم ONAN (روغن طبیعی – هوا طبیعی):**

- ✓ **این نوع سیستم خنک کنندگی مختص ترانسفورماتورهای با قدرت کم است ؛ زیرا با افزایش قدرت ترانسفورماتور، حرارت سیم پیچ ها زیاد می شود و روغن باید با سرعت بیشتری در تماس با هوای بیرون قرار گیرد و عمل خنک کنندگی با سرعت بیشتری انجام شود.**
- ✓ **از این نوع سیستم برای ترانسفورماتورهای قدرت تا ۳۰ MVA مورد استفاده قرار می گیرد.**

❖ **سیستم ONAF (روغن طبیعی – هوا اجباری):**

- ✓ در این سیستم، گردش روغن در داخل ترانسفورماتور به طور طبیعی صورت می گیرد؛
- ✓ ولی فن های نصب شده روی بدنه رادیاتورها، سرعت تماس هوای خارج با بدنه رادیاتور را افزایش می دهد. لذا روغن سریعتر خنک می شود و طبعاً می توان توان ترانسفورماتور را بالا برد.

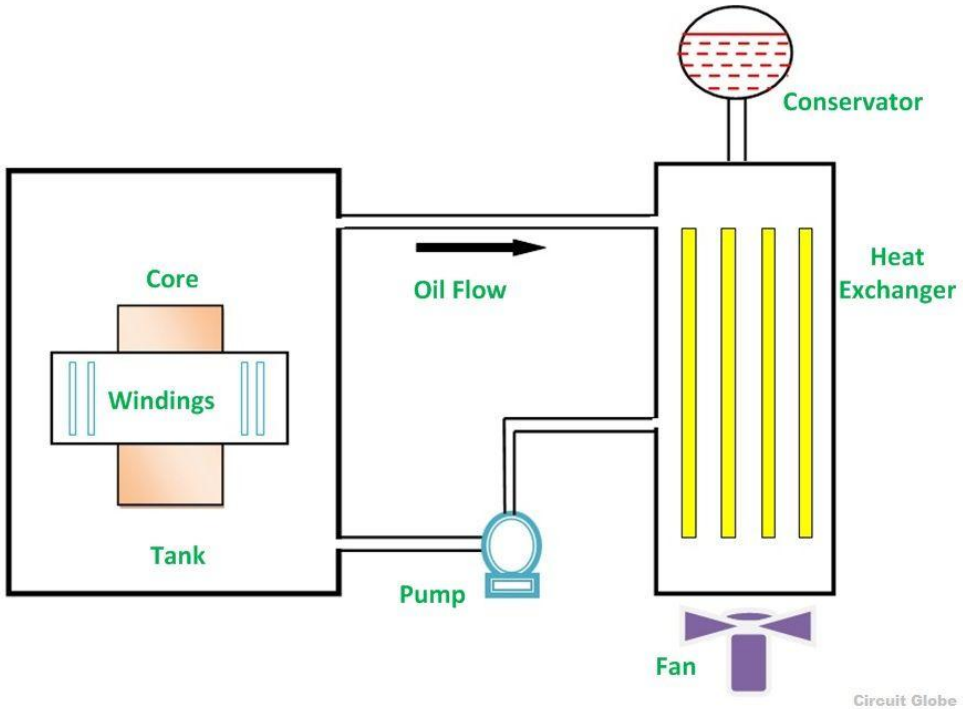


❖ **سیستم ONAF (روغن طبیعی – هوا اجباری):**

✓ **این نوع سیستم خنک کنندگی به طور وسیعی در ترانسفورماتورهای قدرت با توان بین ۳۰ تا ۶۰ مگا ولت آمپر مورد استفاده قرار می گیرد.**

❖ **سیستم OFAF (روغن اجباری – هوا اجباری):**

- ✓ در این سیستم، گردش روغن در داخل ترانسفورماتور به کمک فن، سرعت داده می شود تا انتقال حرارت با سرعت بیشتری انجام گیرد.
- ✓ فن های هوا نیز بدنه رادیاتورها را در تماس بیشتری با هوا قرار می دهند تا روغن را سریعتر خنک کنند.

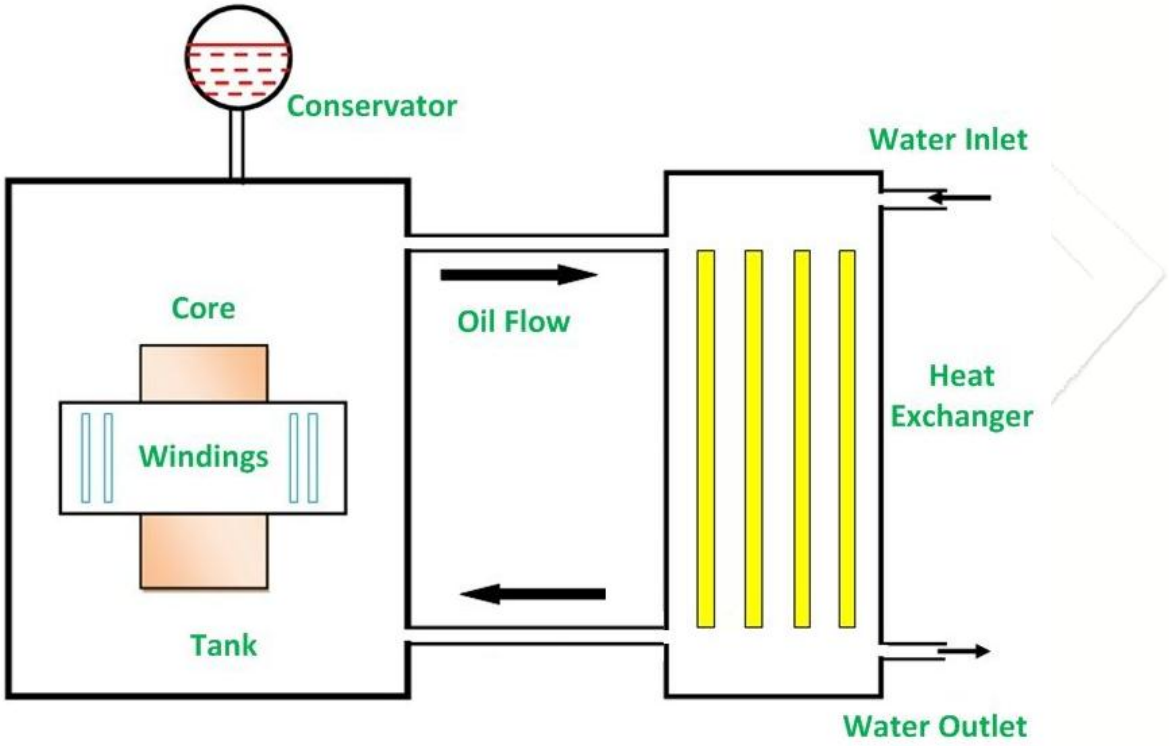


❖ **سیستم OFAF (روغن اجباری – هوا اجباری):**

✓ **از این نوع سیستم خنک کنندگی در ترانسفورماتورهای با توان بیش از ۶۰ MVA استفاده می شود.**

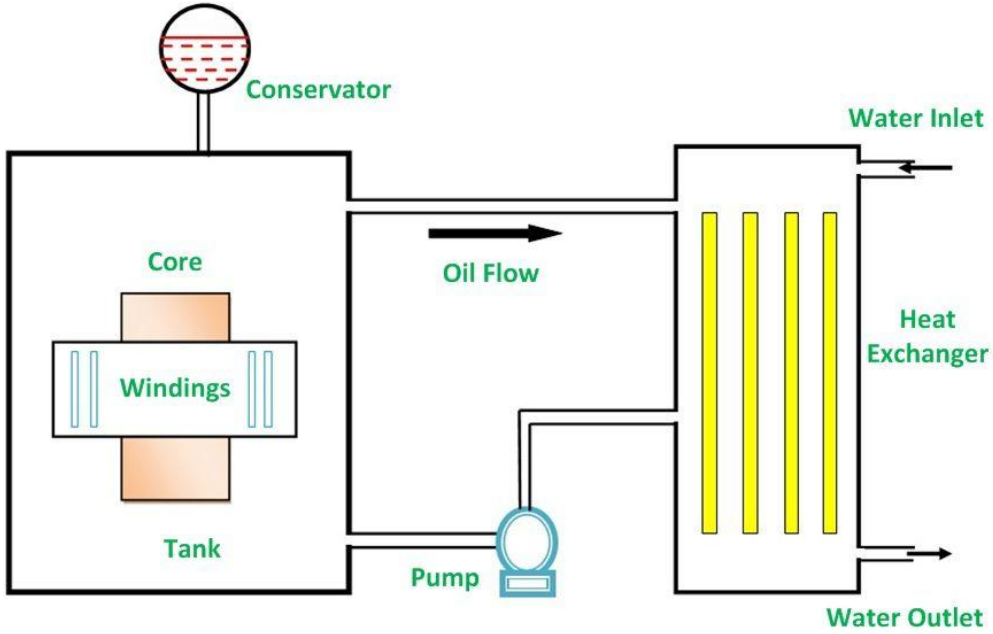
❖ سیستم ONWF (روغن اجباری – آب اجباری):

- ✓ در این نوع سیستم خنک کاری، بجای هوا، خنک کاری رادیاتورها توسط آب تحت فشار انجام می شود.
- ✓ خنک کاری روغن در این حالت بهتر از هوا انجام می شود.



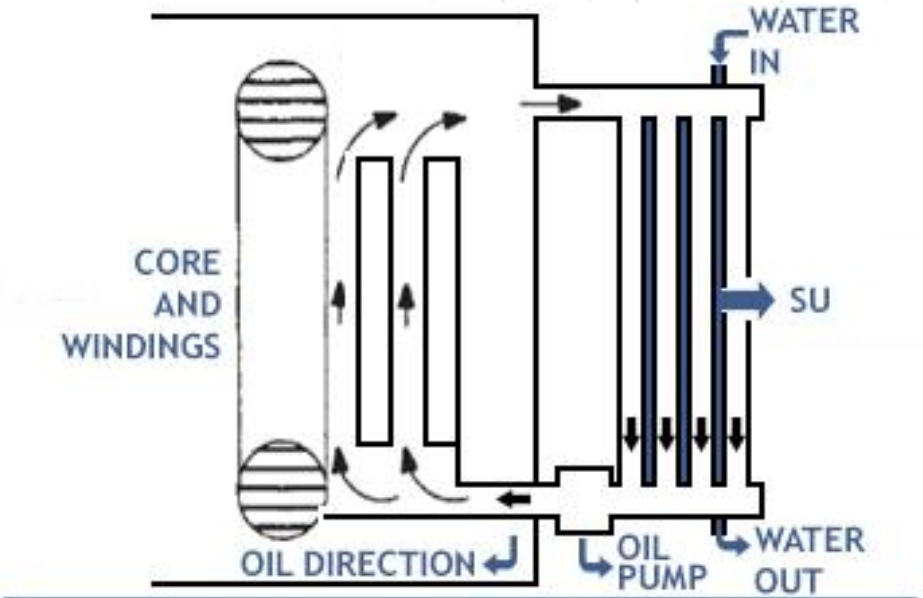
❖ **سیستم OFWF (روغن اجباری – آب اجباری):**

- ✓ در این سیستم، ابتدا روغن توسط پمپ از بالای ترانسفورماتور وارد رادیاتور می شود تا پس از عبور از آن، از پایین رادیاتور وارد ترانسفورماتور گردد.
- ✓ در رادیاتور، آب خنک کنندگی هم در توسط پمپ در خلاف مسیر روغن در رادیاتور عبور می کند که باعث کاهش دمای روغن می شود.
- ✓ از این نوع سیستم در ترانسفورماتورهای با توان بیش از 60 MVA مورد استفاده قرار می گیرد.



❖ **سیستم ODWF (روغن اجباری در سیم پیچ و هسته – آب اجباری):**

- ✓ در ترانسفورماتورهای با قدرت های بسیار بالا، به منظور کاهش هرچه بیشتر دمای سیم پیچ ها و هسته باید روغن را توسط پمپ ها ، با فشار و جهت مناسب از قسمت تحتانی تانک ترانسفورماتور به داخل سیم پیچ ها و هسته هدایت نمود.
- ✓ همچنین مشابه روش قبل، با استفاده از رادیاتور و چرخش روغن در داخل آن و به واسطه تماس غیر مستقیم با آب خنک کنندگی، دمای روغن به مقدار مورد نظر کاهش می یابد.



ODWF COOLING OF TRANSFORMER
OIL DIRECTED WATER FORCED

❑ ترانسفورماتور رزینی (خشک)

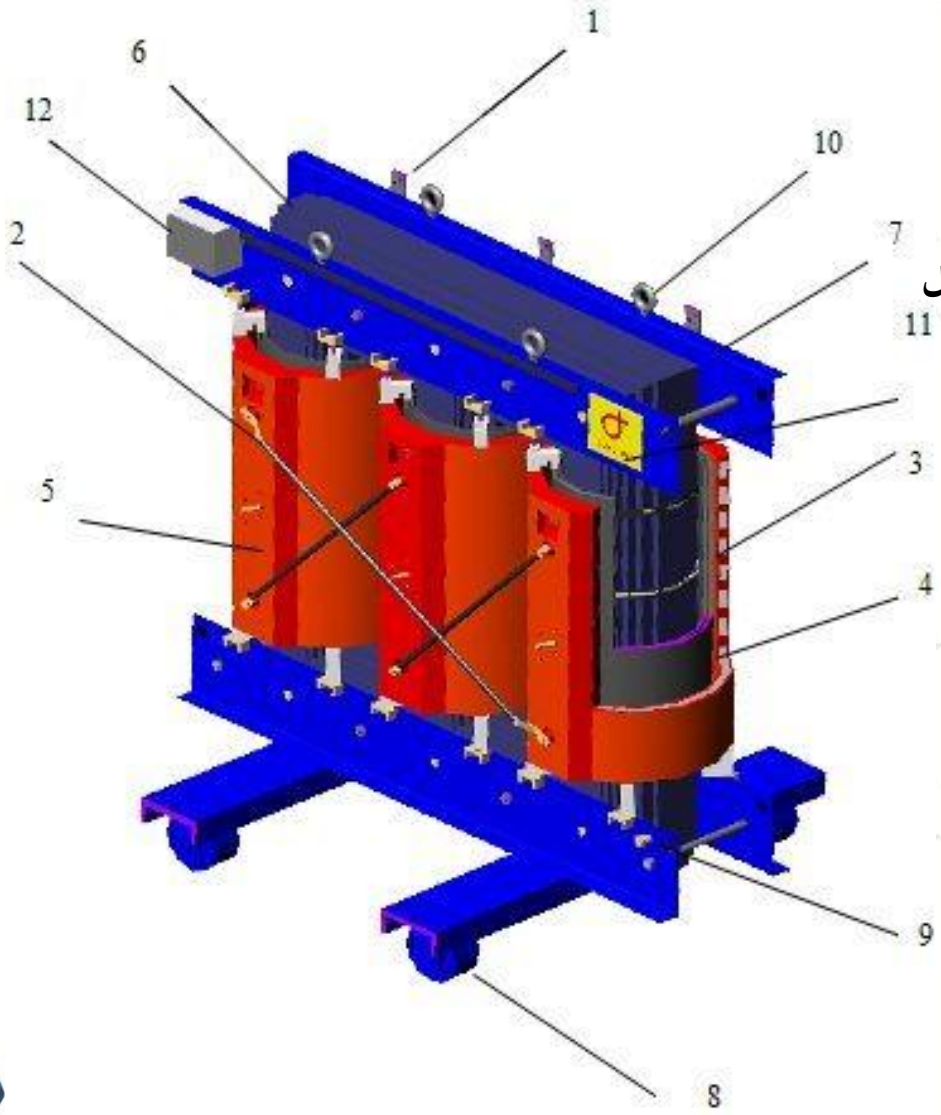
➢ معرفی

- ✓ ترانسفورماتور خشک رزینی (Cast resin transformer) نوعی ترانسفورماتور است که سیم پیچ‌های آن در دی‌الکتریک مایع غوطه ور نمی‌باشند، بلکه از مواد جامد جهت این امر استفاده می‌شود.
- ✓ ایده ساخت ترانسفورماتور فاقد روغن در اواسط دهه ۹۰ مطرح شد. بررسی، طراحی و ساخت این ترانسفورماتور از بهار سال ۱۹۹۶ در شرکت ABB شروع شد.
- ✓ در این ترانسفورماتور به جای استفاده از هادیهای مسی با عایق کاغذ از کابل پلیمری خشک با هادی سیلندری استفاده می‌شود.
- ✓ ازاین نوع ترانسفورماتورها در بدترین شرایط محیطی، آب و هوایی و آتش‌سوزی بهره‌برداری می‌شود.
- ✓ سیستم خنک سازی این ترانس فقط از طریق هواست.

- ✓ با حذف روغن در ترانسفورماتور خشک، نیاز به تانک روغن، کنسرواتور، آلارمهای گاز و دما و سطح و رطوبت گیر و ... کلا از بین می رود.

ترانسفورماتور رزینی (خشک)

اجزاء ترانس خشک رزینی



۱ – ترمینال فشار ضعیف
۲ – ترمینال فشار قوی
۳ – بوبین فشار ضعیف
٤ – بوبین فشار قوی
٥ – لینک تپ چنجر غیر قابل تغییر تحت پتانسیل
٦ – هسته
۷ – فریم هسته
۸ – چرخهای دو جهته
۹ – ترمینال زمین
۱۰– قلابهای حمل
۱۱– پلاک مشخصات
۱۲– جعبه مدار کمکی

ÓÇÎÊ ÊÑÇäÓ ÑÒíäí.mp4

ترانسفورماتور رزینی (خشک)

مزایا

- ✓ خود اطفاء بودن
- ✓ مقاومت در برابر رطوبت
- ✓ عدم ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی
- ✓ مقاومت در برابر اتصال کوتاه
- ✓ سهولت نصب و بهره‌برداری
- ✓ قابل استفاده بودن در محیطهای گرم تا دمای ۵۵ درجه سانتیگراد
- ✓ عمکرد خوب در برابر لرزشها و تکانهای شدید
- ✓ بی‌نیازی از سرویس نگهداری چشمگیر
- ✓ امکان نصب در مجاورت محل مصرف و در نتیجه کاهش تلفات
- ✓ ایمنی بیشتر و ایده‌آل بودن برای نصب در فضاهای محدودی که نصب ترانسفورماتورهای روغنی میسر نمی‌باشد
- ✓ اقتصادی بودن

ترانسفورماتور رزینی (خشک)

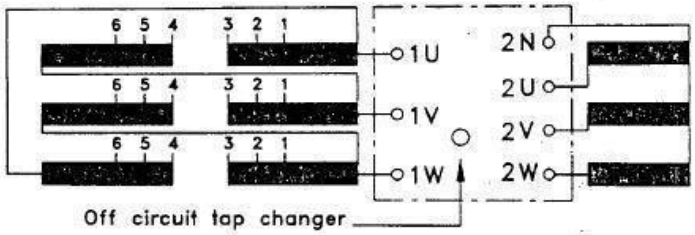
معایب

- ✓ قیمت اولیه آنها در حدود ۱.۳ تا ۲ برابر قیمت ترانس روغنی است.
- ✓ برای نصب در محیط باز، نیازمند محفظه (Enclosure) است.
- ✓ عدم امکان تعمیر و بازسازی سیم پیچ های رزینی

پلاک یک ترانس توزیع ۲ MVA

SHERKATE SAHAMI AAM
IRAN-TRANSFO
شرکت سهامی عام
ایران ترانسفو

Type	TSUN6339	No.		Year	2001	IEC76/VDE0532	
Rated power kVA	2000	Kind	P.T	Frequency		Hz	50
	6300			Kind of service			CONT.
Rated voltage V	6000	400		Vector group			Dyn11
	5700			Sys. highest voltage			7.2/1.1
Rated current A	192.5	2886.8		Insulation class			A
Impedance voltage		%		Short circuit current		kA	
Cooling method	ONAN			Max. short circuit duration		s	2
Mass of core & winding t	2.611			Max. ambient temperature		°C	50
Total weight t	6.205			Sea level altitude		m	1000
Oil weight t	1.32			Oil IEC 296 class			I



Caution!: tapping is permissible only in off circuit

HV side				LV side	
Pos.	Tap changer Connections	Voltage	Connection	Voltage	Connection
1	3 – 4	6300	1V, 1U, 1W	400	2V, 2N, 2U, 2W
2	4 – 2	6150			
3	2 – 5	6000			
4	5 – 1	5850			
5	1 – 6	5700			

253025

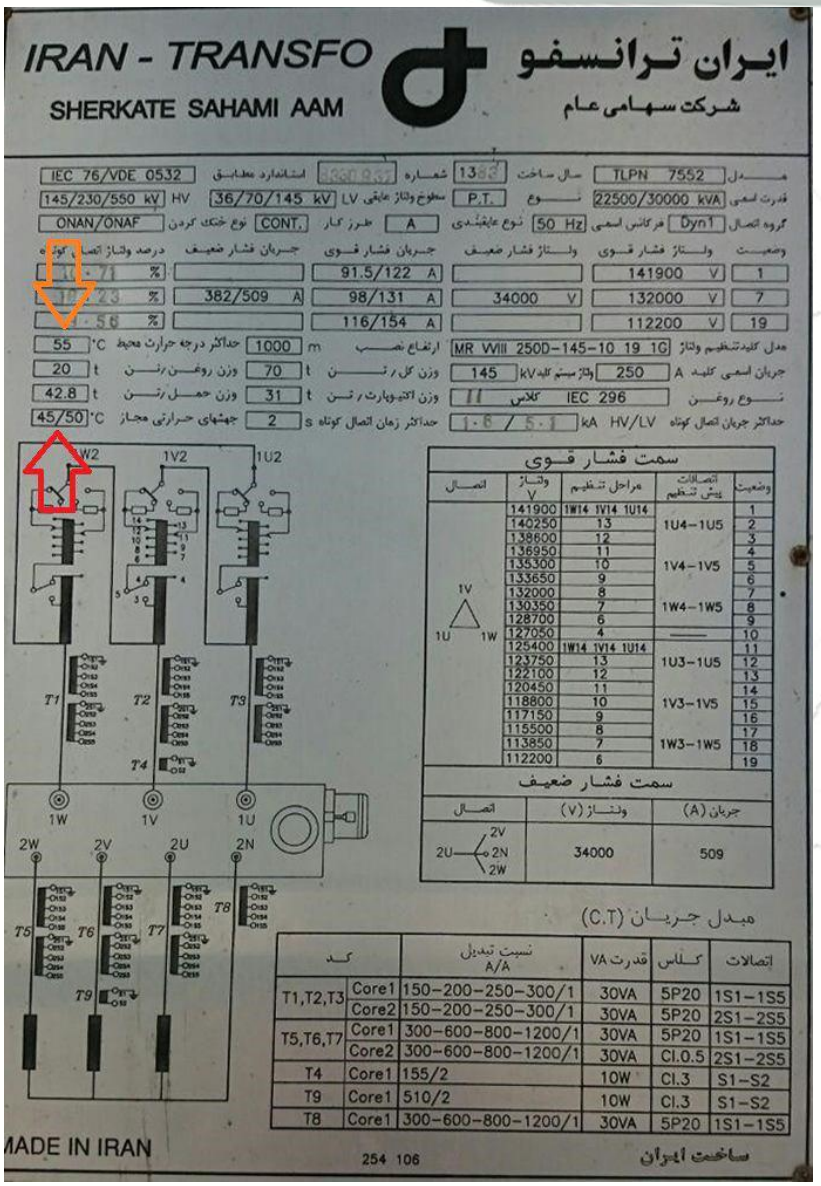
MADE IN IRAN
ساخت ایران

❑ اجزای ترانسفورماتور

➢ پلاک ترانس

پلاک یک ترانس توزیع ۲ MVA

مشخصه	توضیحات
Type no.	نوع ترانسفورماتور با توجه به کد کارخانه
Year	سال تولید ۲۰۰۱ به میلادی
IEC76 / VDE 0532	شماره استاندارد ساخت ترانسفورماتور
Rated power	قدرت نامی به ۲۰۰۰KVA
Kind (PT)	نوع ترانسفورماتور (ترانسفورماتور ولتاژ)
Rated voltage	ولتاژ نامی (۴۰۰/۶۳۰۰-۶۰۰۰-۵۷۰۰ به ولت)
Kind of service	نوع کار (دائم CONT. =)
Vector group	گروه برداری (Dyn۱۱)
Frequency	فرکانس (۵۰ هرتز)
Rated current	جریان نامی (۱۹۲/ ۲۸۸۶ آمپر)
System highest voltage	بیشترین ولتاژ قابل تحمل (۱/۱ / ۷/۲ کیلو ولت)
Insulation class	کلاس عایقی A
Impedance voltage	درصد ولتاژ اتصال کوتاه
Cooling method	روش خنک سازی ترانسفورماتور ONAN
Short circuit current	جریان اتصال کوتاه به آمپر
MAX. Short circuit duration	بیشترین زمان تحمل جریان اتصال کوتاه (۲ ثانیه)
MAX. Ambient temperature	بیشترین دمای مجاز محیط (۵۰ °C)
Mass of core & winding	وزن هسته وسیم‌پیچ (۲/۶۱۱ تن)
Total weight	وزن کل (۶/۲۰۵ تن)
Oil weight	وزن روغن (۱/۳۲ تن)
Sea level altitude	ارتفاع از سطح دریا (۱۰۰۰ متر)
Oil IEC ۲۹۶ class	کلاس روغن براساس استاندارد IEC ۲۹۶ (I)



کد		نسبت تبدیل A/A	قدرت VA	کلاس	اتصالات
T1,T2,T3	Core1	150-200-250-300/1	30VA	5P20	1S1-1S5
	Core2	150-200-250-300/1	30VA	5P20	2S1-2S5
T5,T6,T7	Core1	300-600-800-1200/1	30VA	5P20	1S1-1S5
	Core2	300-600-800-1200/1	30VA	Cl.0.5	2S1-2S5
T4	Core1	155/2	10W	Cl.3	S1-S2
T9	Core1	510/2	10W	Cl.3	S1-S2
T8	Core1	300-600-800-1200/1	30VA	5P20	1S1-1S5

پلاک یک ترانس فوق توزیع ۳۰ MVA